



**Hugo Silveirinha Félix Análise Tecno-Económica em Telecomunicações –
Ferramentas de Cálculo**



**Hugo Silveirinha Félix Análise Tecno-Económica em Telecomunicações –
Ferramentas de Cálculo**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Electrónica e Telecomunicações, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor A. Manuel de Oliveira Duarte, Professor Catedrático do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

Para o meu avô, por todas as razões possíveis.

Júri

| | |
|------------------|--|
| Presidente | Prof. Doutor José Carlos da Silva Neves Professor Catedrático da Universidade de Aveiro |
| Arguente interno | Prof. Doutor A. Manuel de Oliveira Duarte Professor Catedrático da Universidade de Aveiro |
| Arguente interno | Prof. Doutora Raquel Matias da Fonseca Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro |
| Arguente externo | Prof. Doutor Carlos Alberto Henggeler de Carvalho Antunes Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra |

agradecimentos

De uma forma muito especial, gostaria de agradecer aos meus orientadores, o Prof. Dr. Manuel Oliveira Duarte e a Prof. Dra. Raquel Matias da Fonseca, por se terem disponibilizado a orientar-me neste projecto, pela disponibilidade, incentivo e amizade demonstrados. Sem a vossa preciosa ajuda, teria sido impossível concluir este trabalho.

Gostaria de agradecer também a todos os meus colegas, que de uma forma ou de outra se cruzaram comigo ao longo desta caminhada e que me ajudaram a concluir esta fase da minha vida.

Aos meus pais agradeço todo o apoio, incentivo, motivação e paciência que tiveram para comigo durante todo meu percurso académico. Agradeço também por me terem guiado ao longo de todos os momentos da minha vida e que sem eles não seria metade do que hoje sou. Obrigado mãe e obrigado pai, por toda a alegria e amor incondicionais. Obrigado!

palavras-chave

Redes de Nova Geração, Novas Redes de Acesso, Fibra Óptica, Infra-estruturas de Telecomunicações, Análise tecno-económica, Mercado, Concorrência, Stimulearning.

resumo

O estado actual das redes de telecomunicações em Portugal e noutros países tem como traço dominante o estrangulamento de largura de banda imposto pelo segmento de acesso. Esta situação compromete a evolução sustentada deste sector, nomeadamente no que respeita à adopção das potencialidades associadas ao que normalmente se designa por “Redes de Nova Geração” (RNG).

De facto, são já hoje perceptíveis sérios constrangimentos na capacidade de resposta às solicitações de melhor conectividade por parte de muitos consumidores e provedores de serviços. Melhorar o desempenho das actuais redes de acesso é assim uma necessidade incontornável.

Os investimentos necessários para a introdução destas melhorias são de grande dimensão e dependem de um conjunto numeroso de factores de são exemplos os seguintes: a arquitectura das redes, a uso de equipamentos passivos ou activos em vários segmentos das redes de acesso, os planos de instalação e de disponibilização dos serviços, o comportamento do mercado, etc. Para lidar com a incerteza associada a todos estes factores torna-se imperioso recorrer a ferramentas adequadas de análise tecno-económica e avaliação das soluções de engenharia associadas a cada um dos cenários a considerar.

Nesta dissertação abordaram-se vários aspectos desta problemática, nomeadamente os seguintes:

- Estado da arte das tecnologias estruturantes das actuais redes de acesso;
- Familiarização com as técnicas de análise de projectos de investimento em redes de acesso;
- Adaptação e desenvolvimento de ferramentas e metodologias de análise tecno-económica de redes de telecomunicações e sua aplicação a um conjunto seleccionado de casos de estudo.

De forma complementar esta dissertação teve também em vista contribuir para a disponibilização de materiais didácticos que possam ser de utilidade a quem pretenda adquirir uma melhor compreensão acerca das relações entre o projecto engenharia de redes de acesso e as suas implicações tecno-económicas.

keywords

New Generation Networks, New Access Networks, Fiber Optics, Telecommunications Infrastructure, Techno-Economic Analysis, Market, Competition, Stimulearning.

abstract

The current state of telecommunications networks in Portugal, and elsewhere has the dominant trait of the narrowing bandwidth imposed by the access segment. This situation undermines the sustainable development of this sector, notably as regards the adoption of the potential associated with the normally-called "Next Generation Networks (NGN)".

In fact, there are already noticeable serious constraints in responding to requests for better connectivity by many consumers and service providers. Improving the performance of existing access networks is thus an unavoidable necessity.

The investments required for introducing these improvements are large and depend on a number of factors are numerous examples of the following: the architecture of networks, equipment use passive or active in various segments of the access networks, plans to install and provision of services market behavior, etc.. To cope with the uncertainty associated with all these factors becomes imperative to use the right tools for techno-economic analysis and evaluation of engineering solutions associated with each scenario to consider.

In this dissertation dealt with various aspects of this issue, in particular:

- State of the art technology structuring of existing access networks;
- Familiarization with the techniques of analysis of investment projects in access networks;
- Adaptation and development of tools and methodologies for techno-economic analysis of telecommunications networks and its application to a selected set of case studies.

Complementarily this dissertation was also to contribute to the provision of teaching materials that might be useful to anyone wishing to gain a better understanding of the relationships between design engineering access networks and its implications for techno-economic considerations.

Índice

| | |
|---|-----------|
| Índice de Figuras | 5 |
| Índice de Tabelas | 8 |
| Lista de Siglas e Acrónimos..... | 9 |
| 1. Introdução | 11 |
| 1.1. <i>Motivação e Enquadramento</i> | 11 |
| 1.2. <i>Objectivos</i> | 11 |
| 1.3. <i>Estrutura da Dissertação</i> | 12 |
| 2. Organização, estrutura e planeamento das Redes de Telecomunicações..... | 13 |
| 2.1. <i>Rede Nuclear (ou Core Network)</i> | 14 |
| 2.2. <i>Rede de Acesso</i> | 14 |
| 2.3. <i>Rede do Cliente</i> | 15 |
| 2.4. <i>Tecnologias da Rede de Acesso</i> | 16 |
| 2.4.1. Rede telefónica fixa | 17 |
| 2.4.2. Rede xDSL..... | 19 |
| 2.4.3. Redes CATV | 20 |
| 2.4.4. Redes de fibra óptica..... | 21 |
| 2.4.4.1. Arquitecturas de Rede FTTx..... | 22 |
| 2.4.4.1.1. Tecnologias utilizadas..... | 24 |
| 2.4.4.1.2. Cenários Evolutivos | 25 |
| 2.4.5. <i>Redes sem Fios</i> | 26 |
| 2.4.5.1. Difusão em espaço livre | 26 |
| 2.4.5.2. Celulares com mobilidade..... | 27 |
| 2.4.5.2.1. GSM / GPRS | 27 |
| 2.4.5.2.2. UMTS | 27 |
| 2.4.5.2.3. HSDPA..... | 28 |
| 2.4.5.2.4. LTE | 28 |
| 2.4.5.3. Wi-Fi..... | 29 |
| 2.4.5.4. WiMAX..... | 29 |
| 3. Conceitos económico-financeiros de base | 31 |

| | | |
|----------|--|----|
| 3.1. | <i>Noções Introdutórias</i> | 31 |
| 3.1.1. | Conceito de Projecto | 31 |
| 3.1.2. | Conceito de Investimento..... | 32 |
| 3.1.3. | Conceito de Análise Tecno-Económica | 35 |
| 3.2. | <i>Gastos</i> | 37 |
| 3.2.1. | CAPEX (Capital Expenditures) | 37 |
| 3.2.2. | OPEX (Operational Expenditures) | 38 |
| 3.2.2.1. | Elementos de OPEX | 38 |
| 3.2.3. | Impostos | 41 |
| 3.3. | <i>Receitas</i> | 42 |
| 3.4. | <i>O Efeito do tempo no valor do dinheiro e dos bens</i> | 44 |
| 3.4.1. | Taxa de Actualização..... | 44 |
| 3.4.2. | Amortizações | 45 |
| 3.5. | <i>Noção de Cash-Flow</i> | 46 |
| 3.6. | <i>Principais critérios de análise de projectos de investimento</i> | 48 |
| 3.6.1. | VAL (Valor Actual Líquido) | 49 |
| 3.6.2. | TIR (Taxa Interna de Rentabilidade)..... | 49 |
| 3.6.3. | Período de Recuperação (<i>Payback Period</i>) | 50 |
| 3.7. | <i>Principais indicadores económicos para avaliação de empresas</i> | 51 |
| 3.7.1. | EBITDA | 51 |
| 3.7.2. | ARPU | 52 |
| 3.7.3. | AMPU | 53 |
| 4. | Ferramentas de Cálculo | 55 |
| 4.1.1. | TONIC Tool | 55 |
| 4.1.2. | SIMCom..... | 55 |
| 4.2. | <i>Ferramenta de cálculo para cenários com 1 Operador</i> | 57 |
| 4.3. | <i>Ferramenta de cálculo para cenários com vários Operadores</i> | 64 |
| 4.3.1. | Sistemas dinâmicos..... | 64 |
| 4.3.2. | Definição de um vector Qualidade | 66 |
| 4.3.3. | Ferramenta de cálculo | 67 |
| 5. | Análise Tecno-Económica de soluções de rede – Estudos de Caso | 83 |
| 5.1. | <i>Hipótese A – Migração de ADSL para um cenário FTTH</i> | 83 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.1.1. | Descrição do cenário | 83 |
| 5.1.2. | Análise para 1 Operador | 85 |
| 5.1.2.1. | Visão global dos investimentos..... | 85 |
| 5.1.3. | Análise para 3 Operadores..... | 91 |
| 5.1.3.1. | Visão global dos investimentos..... | 91 |
| 5.1.3.2. | CAPEX..... | 95 |
| 5.1.3.3. | OPEX..... | 96 |
| 5.1.3.4. | Receitas..... | 97 |
| 5.1.3.5. | ARPU | 98 |
| 5.1.3.6. | AMPU | 98 |
| 5.1.3.7. | Resultados económicos mais relevantes | 99 |
| 5.2. | <i>Hipótese B – Implementação de WiMAX em zonas rurais</i> | <i>100</i> |
| 5.2.1. | Descrição do cenário | 100 |
| 5.2.2. | Análise para 1 Operador | 102 |
| 5.2.2.1. | Visão global dos investimentos..... | 103 |
| 5.2.3. | Análise para 3 Operadores..... | 109 |
| 5.2.3.1. | Visão global dos investimentos..... | 109 |
| 5.2.3.2. | CAPEX..... | 113 |
| 5.2.3.3. | OPEX..... | 114 |
| 5.2.3.4. | Receitas..... | 115 |
| 5.2.3.5. | ARPU | 116 |
| 5.2.3.6. | AMPU | 117 |
| 5.2.3.7. | Resultados económicos mais relevantes | 118 |
| 5.3. | <i>Hipótese C – Adopção de UMTS e posterior migração para LTE.....</i> | <i>119</i> |
| 5.3.1. | Descrição do cenário | 119 |
| 5.3.2. | Análise para 1 Operador | 122 |
| 5.3.2.1. | Visão global dos investimentos..... | 122 |
| 5.3.3. | Análise para 3 Operadores..... | 129 |
| 5.3.3.1. | Visão global dos investimentos..... | 130 |
| 5.3.3.2. | CAPEX..... | 135 |
| 5.3.3.3. | OPEX..... | 136 |
| 5.3.3.4. | Receitas..... | 137 |
| 5.3.3.5. | ARPU | 138 |
| 5.3.3.6. | AMPU | 138 |
| 5.3.3.7. | Resultados económicos mais relevantes | 139 |

| | |
|--|------------|
| 6. Considerações Finais | 143 |
| 6.1. <i>Sugestões para trabalho futuro</i> | 143 |
| 6.2. <i>Conclusões</i> | 144 |
| 7. Bibliografia | 147 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Segmentos de Rede [Ref. 4] | 13 |
| Figura 2 - Diferentes tecnologias e serviços utilizados actualmente nos diferentes segmentos de rede [Ref. 4]..... | 13 |
| Figura 3 – IP como tecnologia convergente [Ref. 4]..... | 17 |
| Figura 4 - Configuração genérica das redes telefónicas em Portugal [Ref. 24] | 18 |
| Figura 5 – Variação da taxa de transmissão (Mbps) com a distância (km) ao DSLAM [Ref. 5]..... | 19 |
| Figura 6 – Estrutura de uma rede de distribuição por cabo [Ref. 4] | 20 |
| Figura 7 - Ligação DOCSIS [Ref. 1]..... | 21 |
| Figura 8 – Constituição de um cabo de fibra óptica [Ref.6] | 22 |
| Figura 9 - FTTX [Ref. 1]..... | 23 |
| Figura 10 - WDM-PON [Ref. 9] | 25 |
| Figura 11 - Upgrade de GSM para GPRS [Ref. 25] | 27 |
| Figura 12 - Arquitectura UMTS [Ref. 25] | 28 |
| Figura 13 – Arquitecturas HSDPA e LTE [Ref. 26] | 29 |
| Figura 14 - Fases de um projecto de investimento [Ref. 4]..... | 34 |
| Figura 15 – Estrutura da ferramenta de análise tecno-económica [Ref. 7] | 37 |
| Figura 16 - Cálculo do Cash-Flow [Ref. 18] | 47 |
| Figura 17- Folha <i>Mercado</i> da Ferramenta de cálculo para cenários com 1 Operador | 58 |
| Figura 18 – Folha <i>CAPEX</i> da Ferramenta de cálculo para cenários com 1 Operador | 59 |
| Figura 19 – Folha <i>OPEX</i> da Ferramenta de cálculo para cenários com 1 Operador | 60 |
| Figura 20 – Folha <i>Receitas</i> da Ferramenta de cálculo para cenários com 1 Operador | 61 |
| Figura 21 – Folha <i>Evolução de preços</i> , da Ferramenta de cálculo para cenários com 1 Operador | 63 |
| Figura 22 – Folha <i>Resultados</i> da Ferramenta de cálculo para cenários com 1 Operador | 64 |
| Figura 23 – Folha de cálculo “Parâmetros” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores | 69 |
| Figura 24 – Folha de cálculo “Qualidade” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores | 70 |
| Figura 25 – Folha de cálculo “Market Evolution – Table” para a ferramenta de cenários com 3 | 72 |
| Figura 26 – Folha de cálculo “Gráficos” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores | 74 |
| Figura 27 – Folha de cálculo “Market Share” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores..... | 76 |
| Figura 28 – Folha de cálculo “ <i>CAPEX</i> ” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores | 78 |
| Figura 29 – Folha de cálculo “ <i>OPEX</i> ” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores | 79 |
| Figura 30 – Folha de cálculo “ <i>Receitas</i> ” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores | 80 |
| Figura 31 – Folha de cálculo “ <i>Cash Balances</i> ” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores | 82 |
| Figura 32 – Exemplo de uma configuração ADSL | 83 |
| Figura 33 – Exemplo de uma configuração FTTH | 83 |

| | |
|---|-----|
| Figura 34 – Solução FTTH com os diferentes itens e respectivos rácios | 84 |
| Figura 35 – Diferentes cenários para diferentes velocidades de arranque do mercado | 85 |
| Figura 36 – Capex para diferentes cenários | 85 |
| Figura 37 – Resultados económicos para o cenário 1 | 87 |
| Figura 38 – Resultados económicos para o cenário 2 | 87 |
| Figura 39 – Resultados económicos para o cenário 3 | 88 |
| Figura 40 – Resultados económicos para o cenário 4 | 88 |
| Figura 41 – Resultados económicos para o cenário 5 | 89 |
| Figura 42 – Resultados económicos para o cenário 6 | 89 |
| Figura 43 – Resultados económicos para o cenário 7 | 90 |
| Figura 44 – Distribuição de Mercado Inicial – Hipótese A | 92 |
| Figura 45 – Distribuição final de Mercado – Hipótese A | 94 |
| Figura 46 – Market Share Evolution (I) – Hipótese A | 94 |
| Figura 47 – Market Share Evolution (II) – Hipótese A | 95 |
| Figura 48 – Evolução do CAPEX dos 3 operadores durante o período de estudo - Hipótese A | 95 |
| Figura 49 – Evolução do OPEX dos 3 operadores durante o período de estudo – Hipótese A | 96 |
| Figura 50 – Receitas de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese A | 97 |
| Figura 51 - ARPU de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese A | 98 |
| Figura 52 - AMPU de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese A | 98 |
| Figura 53 - Evolução do cash-balance dos 3 Operadores ao longo do tempo – Hipótese A | 99 |
| Figura 54 – Rede FWA | 101 |
| Figura 55 – Solução FWA com os diferentes itens e respectivos rácios | 101 |
| Figura 56 – Diferentes cenários para diferentes velocidades de arranque do mercado | 103 |
| Figura 57 – CAPEX para os diferentes cenários | 103 |
| Figura 58 – Resultados económicos para o cenário 1 | 105 |
| Figura 59 – Resultados económicos para o cenário 2 | 105 |
| Figura 60 – Resultados económicos para o cenário 3 | 106 |
| Figura 61 – Resultados económicos para o cenário 4 | 106 |
| Figura 62 – Resultados económicos para o cenário 5 | 107 |
| Figura 63 – Resultados económicos para o cenário 6 | 107 |
| Figura 64 – Resultados económicos para o cenário 7 | 108 |
| Figura 65 – Situação inicial de mercado | 110 |
| Figura 66 – Situação final de mercado | 112 |
| Figura 67 – Market Share Evolution (I) – Hipótese B | 113 |
| Figura 68 – Market Share Evolution (II) – Hipótese B | 113 |
| Figura 69 – Evolução do CAPEX dos 3 operadores durante o período de estudo - Hipótese B | 114 |
| Figura 70 – Evolução do OPEX dos 3 operadores durante o período de estudo - Hipótese B | 115 |

| | |
|--|-----|
| Figura 71 – Receitas de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese B..... | 116 |
| Figura 72 - ARPU de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese B..... | 117 |
| Figura 73 - AMPU de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese B..... | 117 |
| Figura 74 – Evolução do cash-balance dos 3 Operadores ao longo do tempo – Hipótese B | 118 |
| Figura 75 - Solução UMTS..... | 120 |
| Figura 76 - Solução UMTS com os diferentes itens e respectivos rácios..... | 120 |
| Figura 77 - Diferentes cenários para diferentes parâmetros das curvas logísticas que modelam o mercado – Cenário 1 | 123 |
| Figura 78 - Diferentes cenários para diferentes parâmetros das curvas logísticas que modelam o mercado – Cenário 2 | 123 |
| Figura 79 - Diferentes cenários para diferentes parâmetros das curvas logísticas que modelam o mercado – Cenário 3 | 123 |
| Figura 80 - CAPEX para os cenários considerados..... | 124 |
| Figura 81 – Resultados económicos para o cenário 1 | 125 |
| Figura 82 – Resultados económicos para o cenário 2 | 126 |
| Figura 83 – Resultados económicos para o cenário 3 | 126 |
| Figura 84 – Resultados económicos para o cenário 4 | 127 |
| Figura 85 – Resultados económicos para o cenário 5 | 127 |
| Figura 86 – Resultados económicos para o cenário 6 | 128 |
| Figura 87 – Resultados económicos para o cenário 7 | 128 |
| Figura 88 - Situação inicial de mercado..... | 130 |
| Figura 89 - Situação final de mercado..... | 133 |
| Figura 90 – Market Share Evolution (I) – Hipótese C..... | 134 |
| Figura 91 – Market Share Evolution (II) – Hipótese C..... | 134 |
| Figura 92 - Evolução do CAPEX dos 3 operadores durante o período de estudo - Hipótese C | 135 |
| Figura 93 - Evolução do OPEX dos 3 operadores durante o período de estudo - Hipótese C | 136 |
| Figura 94 – Receitas de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese C..... | 137 |
| Figura 95 - ARPU de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese C..... | 138 |
| Figura 96 - AMPU de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese C..... | 139 |
| Figura 97 - Evolução do cash-balance dos 3 Operadores ao longo do tempo | 140 |

Índice de Tabelas

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 - Intervalos de vida útil de activos fixos [Ref. 18] | 46 |
| Tabela 2 – Classes da curva de aprendizagem e valores de K..... | 62 |
| Tabela 3 – Parâmetros de produção em volume de equipamentos..... | 62 |
| Tabela 4 Custo e rácios de partilha dos vários equipamentos..... | 84 |
| Tabela 5 – Descrição das hipóteses de investimento do Operador | 86 |
| Tabela 6 – Resultados económicos relevantes para os diferentes cenários..... | 90 |
| Tabela 7 – Situação Inicial de Mercado..... | 92 |
| Tabela 8 – Opções de cada Operador ao fim das primeiras 12 unidades de tempo | 93 |
| Tabela 9 – Opções de cada Operador ao fim das primeiras 24 unidades de tempo | 94 |
| Tabela 10 – Resultados económicos – Hipótese A..... | 99 |
| Tabela 11- Custo e rácios de partilha dos vários equipamentos..... | 102 |
| Tabela 12 – Descrição das hipóteses de investimento do Operador | 104 |
| Tabela 13 – Resultados económicos relevantes para os diferentes cenários..... | 108 |
| Tabela 14 – Situação Inicial de Mercado..... | 110 |
| Tabela 15 – Opções de cada Operador ao fim das primeiras 12 unidades de tempo | 111 |
| Tabela 16 – Opções de cada Operador ao fim das primeiras 24 unidades de tempo | 112 |
| Tabela 17 – Resultados económicos – Hipótese B..... | 118 |
| Tabela 18 - Custo e rácios de partilha dos diversos equipamentos..... | 121 |
| Tabela 19 – Descrição das hipóteses de investimento do Operador | 125 |
| Tabela 20 – Resultados económicos relevantes para os diferentes cenários..... | 129 |
| Tabela 21 - Situação inicial de mercado..... | 130 |
| Tabela 22 – Opções de cada Operador ao fim das primeiras 12 unidades de tempo | 131 |
| Tabela 23 - Tarifários para LTE..... | 132 |
| Tabela 24 - Decisões de cada operador no final das primeiras 24 unidades de tempo..... | 133 |
| Tabela 25 – Resultados económicos – Hipótese C..... | 139 |

Lista de Siglas e Acrónimos

ADSL – Asymmetric Digital Subscriber Line
 AMPU – Average Margin Per User
 ARPU - Average Return Per User
 ATM – Asynchronous Transfer Mode
 BPON - Broadband PON
 CAPEX - Capital Expenditure
 CATV - Community Antenna Television
 CO – Central Office
 DAB - Digital Audio Broadcasting
 DOCSIS -Data Over Cable Service Interface Specification
 DSL - Digital Subscriber Line
 DSLAM - Digital Subscriber Line Access Multiplexer
 DTT – Digital Terrestrial Television
 EBITDA - Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization
 EPON – Ethernet Passive Optical Network
 FM - Frequency Modulated
 FSAN - Full Service Access Network
 FTTB - Fiber To The Building
 FTTC - Fiber To The Curb
 FTTCab - Fiber To The Cabinet
 FTTH - Fiber To The Home
 FTTN – Fiber to the Node
 FTTP - Fiber To The Premises
 FTTx - Fibre to the x
 GE – Gigabit Ethernet
 GEM - GPON Encapsulation Method
 GPON - Gigabit Passive Optical Network
 GPRS - General Packet Radio Services
 GSM - Global Systems for Mobile communications
 HDSL - High-data-rate Digital Subscriber Line
 HFC - Hybrid Fibre/Coax
 HSDPA - High-Speed Downlink Packet Access
 IP – Internet Protocol
 IPTV – Internet Protocol for Television
 ISDN – Integrated Services Digital Network
 LAN – Local Area Network

MAC - Media Access Control
Mbps – Mega bit por Segundo
NGA – Next Generation Access
NGN – Next Generation Network
NPV -Net Present Value
NRA - Novas Redes de Acesso
OAM - Operations, Administration and Maintenance
OLT - Optical Line Termination
ONT - Optical Network Termination
ONU - Optical Network Unit
OPEX - Operational Expenditure
PON - Passive Optical Network
POTS - Plain Old Telephone Service
PSTN – Public Switch Telephone Network
QoS – Quality of Service
R&D – Research and Development
RDIS - Rede Digital com Integração de Serviços
SDH - Synchronous Digital Hierarchy
SDSL - Symmetrical Digital Subscriber Line
SMS - Small Messages Service
TIR - Taxa Interna de Rendibilidade
UHF - Ultra High Frequency
UMTS - Universal Mobile Telecommunications System
VAL - Valor Actual Líquido
VDSL - Very-high-speed Digital Subscriber Line
VHF - Very High Frequency
VoIP – Voice over IP
WDM - Wavelength Division Multiplexing
Wi-Fi - Wireless Fidelity
WiMAX - Worldwide Interoperability for Microwave Access
xDSL – Digital Subscriber Line

1. Introdução

1.1. Motivação e Enquadramento

Actualmente as tecnologias de informação e comunicação representam um factor importante para o desenvolvimento económico e social. Numa sociedade em constante desenvolvimento, os padrões de utilização dessas tecnologias são cada vez mais intensos, daí resultando (entre outras consequências) uma cada vez maior necessidade de largura de banda por utilizador. Isto coloca actualmente grande pressão sobre as redes de telecomunicações, em particular sobre o segmento de acesso.

Esta situação compromete a evolução sustentada deste sector, nomeadamente no que diz respeito à concretização das potencialidades associadas ao que normalmente se designa por “Redes de Nova Geração” (RNG).

Assim sendo, melhorar o desempenho das actuais redes de acesso torna-se uma necessidade premente, envolvendo um enorme esforço financeiro dos operadores.

Tais investimentos, necessários para a introdução dos novos suportes de acesso são de grande dimensão e dependem de um vasto conjunto de factores, como por exemplo: arquitectura das redes, o uso de equipamentos passivos ou activos nos vários segmentos das redes de acesso, os planos de instalação e de disponibilização dos serviços, o comportamento do mercado, etc.

Para lidar com a enorme incerteza associada a todos estes factores, torna-se imperioso recorrer a ferramentas adequadas de análise tecno-económica e à avaliação das soluções de engenharia associadas a cada um dos cenários a considerar.

1.2. Objectivos

Este projecto teve como objectivo principal estudar a problemática da análise tecno-económica e da avaliação de soluções de engenharia para redes de acesso de nova geração.

Foi dada especial atenção aos seguintes aspectos:

- Familiarização com o estado da arte das tecnologias estruturantes das actuais redes de acesso;
- Familiarização com as técnicas de análise de projectos de investimento em redes de acesso;
- Adaptação e desenvolvimento de ferramentas e metodologias de análise tecno-económica de redes de telecomunicações e sua aplicação a um conjunto seleccionado de casos de estudo.

1.3. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação é constituída por 7 capítulos, com a seguinte estrutura:

- **Capítulo 1 – Introdução:** Neste capítulo é apresentado o enquadramento desta dissertação e os objectivos a cumprir.
- **Capítulo 2 – Organização, estrutura e planeamento das Redes de Telecomunicações:** Neste capítulo é apresentada a estrutura das actuais redes de telecomunicações e a forma como estas estão organizadas.
- **Capítulo 3 – Conceitos económico-financeiros de base:** Neste capítulo são introduzidos alguns conceitos económico-financeiros importantes, sempre que se pretenda fazer uma análise Tecno-Económica.
- **Capítulo 4 – Ferramentas de Cálculo:** Neste capítulo são apresentadas as ferramentas de cálculo desenvolvidas no âmbito desta dissertação.
- **Capítulo 5 – Análise Tecno-Económica de soluções de rede – Estudos de Caso:** Neste capítulo é apresentado um conjunto de estudos de caso para diversas soluções de rede.
- **Capítulo 6 – Considerações Finais:** Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões do trabalho desenvolvido e as perspectivas de trabalho a realizar no futuro.
- **Capítulo 7 – Bibliografia**

2. Organização, estrutura e planeamento das Redes de Telecomunicações

De uma forma geral, podemos considerar que as redes de telecomunicações se encontram organizadas em três sectores distintos: A rede nuclear (*core network* em inglês), a rede de acesso e a rede do cliente. A Figura 1 ilustra estes três segmentos:

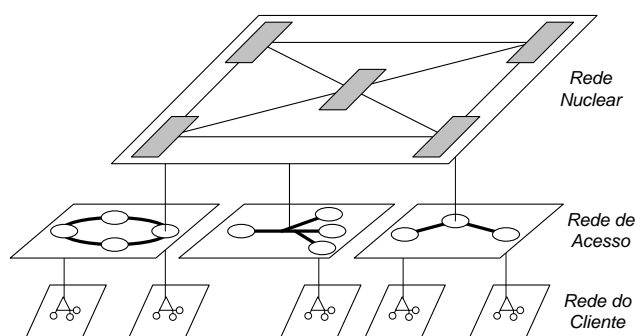


Figura 1 - Segmentos de Rede [Ref. 4]

Cada um destes segmentos de rede, possui tecnologias e procedimentos próprios. A Figura 2 ilustra a estrutura global, bem como algumas das várias tecnologias utilizadas nos diferentes segmentos de rede.

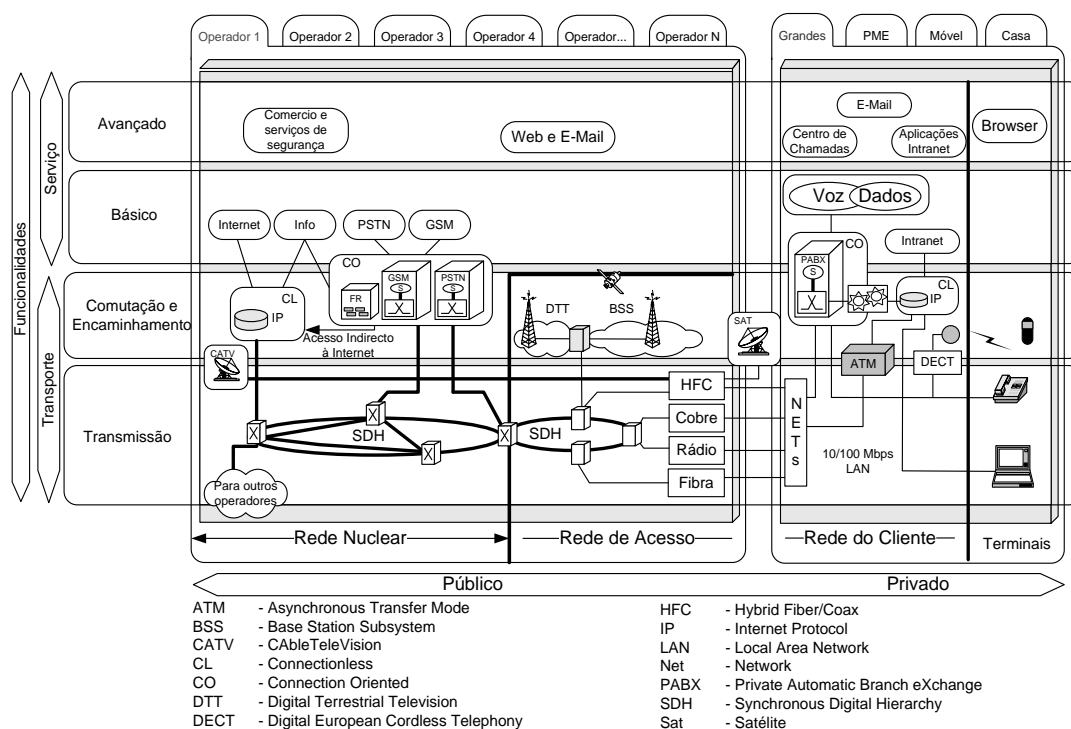


Figura 2 - Diferentes tecnologias e serviços utilizados actualmente nos diferentes segmentos de rede [Ref. 4]

2.1. Rede Nuclear (ou *Core Network*)

A rede nuclear fornece os mecanismos de transmissão responsáveis por fazer a interligação entre as várias redes de acesso, sendo também responsável pelo transporte a longa distância.

Neste segmento de rede a transmissão é de alta qualidade e tem vindo a modernizar-se ao longo do tempo com recurso a novas e diferentes tecnologias, com especial destaque para a fibra óptica capaz de fornecer cada vez maiores taxas de transmissão e para as tecnologias IP responsáveis por ganhos de eficiência e acrescida flexibilidade de gestão.

2.2. Rede de Acesso

Tradicionalmente as redes de acesso eram o segmento de rede que conectava o equipamento do cliente e os comutadores nas centrais locais. Posteriormente, a esta infra-estrutura veio juntar-se uma outra: a rede de cabo coaxial de cobre do serviço de televisão por cabo.

Actualmente, as infra-estruturas que compõem este segmento de rede são ainda em grande parte de transmissão analógica, utilizando cabos de cobre bifilares ou coaxiais. Estes dois factores são os grandes responsáveis pelo actual estrangulamento de largura de banda imposto por este segmento de rede.

No caso da rede de cabo bifilar de cobre, o estrangulamento de largura de banda deve-se maioritariamente ao facto de esta rede não ter sido preparada para transmissão de dados, mas sim para transmissão de voz. No entanto, dada a introdução crescente de serviços de dados, esta situação implicou a coexistência de transmissão e comutação de voz e dados na mesma rede. Inicialmente esta co-habitação fez-se com o uso alternado da rede ora para o serviço telefónico (com os equipamentos telefónicos convencionais) ora para serviço de dados, com os modems “*dial-up*”.

Para colmatar o uso alternado de serviços de voz e serviços de dados, tem vindo a ser utilizada na rede de acesso a tecnologia xDSL. Esta tecnologia apresenta a vantagem de fornecer uma maior velocidade de transmissão para pequenas distâncias entre o fornecedor do serviço e o cliente final.

Outra tecnologia também muito usada na rede de acesso, que combina transmissão e comutação é a RDIS. Esta tecnologia foi desenvolvida devido à introdução da digitalização na rede de acesso.

Em relação à rede de acesso das redes de difusão de televisão por cabo, este tipo de rede é, na maioria dos casos uma rede híbrida – HFC (*Hybrid Fibre/Coax*), ou seja, utiliza uma segmentação das tecnologias de cabo coaxial e fibra óptica.

São assim cinco, os principais tipos de meios físicos de transmissão presentes nas redes de acesso:

- Par entrançado de cobre – Redes de pares de cobre entrançados, usadas como redes telefónicas (POTS *Plain Old Telephony Service*) e redes DSL (*Digital Subscriber Line*);
- Cabo coaxial de cobre – Inicialmente usado para a transmissão de televisão, é também utilizado actualmente para transmissão de dados e voz;
- Propagação em espaço livre;
- *Wireless* – nas redes celulares (*GSM, UMTS, HSDPA, etc*);
- Fibra Óptica – inicialmente utilizada na rede *core*, para transmissões de alto débito, tem vindo gradualmente a ser também utilizada na rede de acesso. É considerada a opção com maior potencial de largura de banda para as novas redes de acesso (NRA).

Para a escolha de uma tecnologia, é necessário ter em conta alguns factores:

- O número de utilizadores que se pretende servir, uma vez que quanto maior for o número de utilizadores a partilhar uma rede em simultâneo, menor será a largura de banda média disponível para cada um;
- A distância é um factor muito importante, pois no caso de as comunicações serem feitas ao longo de grandes distâncias, estas podem ser afectadas por fenómenos de distorção, interferência, ruído e atenuação;

No caso de redes *wireless*, quanto maior for a gama de frequências do espectro electromagnético utilizada, maior é a velocidade que pode ser alcançada. Para frequências mais baixas, conseguem-se alcançar maiores distâncias, com o custo de menor largura de banda. Em contra-partida, para frequências mais elevadas consegue-se obter uma largura de banda superior sendo no entanto o seu alcance reduzido.

2.3. Rede do Cliente

A rede do cliente é o segmento de rede do edifício ou da localização onde o cliente se encontra e que permite que haja interligação entre o equipamento do cliente e a rede de acesso. São redes que vão evoluindo muito mais rapidamente que as outras, uma vez que são mais pequenas e de gestão privada.

A rede do cliente é escolhida em função das distâncias, do número de utilizadores, da fiabilidade desejada e da utilização que será dada à rede.

2.4. Tecnologias da Rede de Acesso

Os vários segmentos das redes de telecomunicações são constituídos por elementos bastante complexos e diversificados, de diferentes épocas, o que origina vários problemas de compatibilidade, interoperabilidade e dificuldades de inter-acessibilidade entre diferentes segmentos de rede.

Na rede de acesso existente já se verifica algum nível de integração de serviços. Esta integração é possível através da tecnologia RDIS (Rede Digital com Integração de Serviços) e de tecnologias xDSL (*Digital Subscriber Line*). Na rede de cabo coaxial o DOCSIS permite a transmissão de voz, televisão e dados sobre a mesma infra-estrutura.

Na rede nuclear a integração de diferentes serviços é já praticada, através da combinação de tecnologias tais como SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) para a gestão de mecanismos de transporte, o ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) para gestão de qualidade de serviço, etc. Nesta rede, assiste-se a uma combinação de várias tecnologias - tecnologias de comutação de pacotes que se baseiam em ligações conectadas (como por exemplo, ATM e SDH). Também nas redes móveis se verifica uma crescente utilização do IP, como é o caso do UMTS.

A transmissão de dados tem características diferentes da transmissão de voz, tais como a largura de banda necessária e a assimetria na transmissão. Os dados são transmitidos usando técnicas de comutação de pacotes e ligações não conectadas, não sendo em alguns casos possível garantir fiabilidade na transmissão (transmissões *best effort*). Nestas transmissões é utilizado o protocolo IP. O ATM foi desenvolvido para permitir uma utilização mais eficiente dos recursos de transmissão na rede telefónica. Esta tecnologia foi implementada nas redes de dados, sobrepondo-se à tecnologia IP, o que permite beneficiar da fiabilidade do ATM e a flexibilidade do IP. O funcionamento do ATM baseia-se na comutação de pacotes e circuitos virtuais (VCI), por isso apresenta uma boa qualidade de serviço. Em ATM a informação a ser transferida é segmentada em células de tamanho (53 bytes) identificadas por um cabeçalho (5 bytes) contido nessas células. A tecnologia ATM não se preocupa com o tipo de informação a transmitir e consegue transferir informação dos canais conforme as necessidades. O MPLS (*Multi-Protocol Label Switching*) é outra tecnologia utilizada. Esta tecnologia permite comutação de pacotes e de circuitos, suportando o transporte de todo o tipo de tráfego, sem se sujeitar às limitações provocadas por diferentes protocolos de encaminhamento e de comutação, tendo sido desenvolvido com o objectivo de facilitar a comunicação entre IP e ATM, sendo uma tecnologia com capacidades de gestão de tráfego e de multiplexagem, unificadora de uma variedade de serviços. As tecnologias MPLS e ATM fornecem a qualidade de serviço necessária, complementando a tecnologia IP.

A tecnologia IP, pelas suas excelentes características intrínsecas e pelo elevado grau de disseminação que atingiu, é considerada uma tecnologia adequada para efectuar a convergência dos vários serviços.

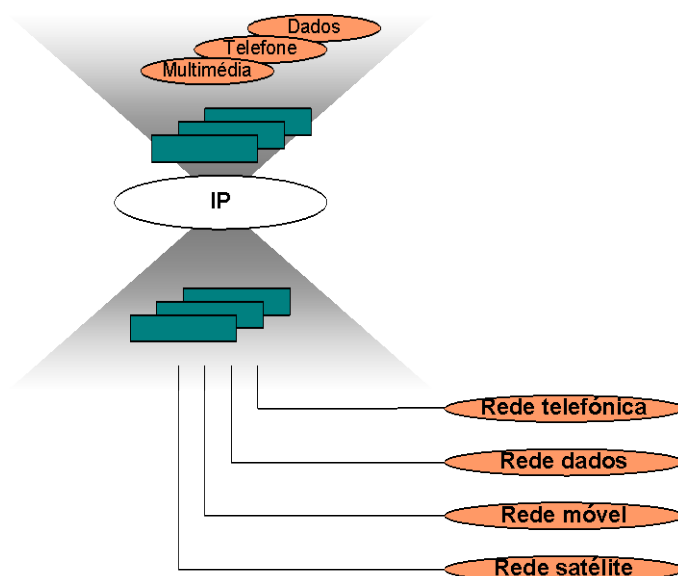


Figura 3 – IP como tecnologia convergente [Ref. 4]

Actualmente as várias redes estão a ser utilizadas para fins para as quais não foram projectadas, ou seja, as redes telefónicas estão a ser utilizadas também para acesso à internet, as redes de CATV dão acesso à internet e serviços telefónicos, etc. Esta necessidade de fornecer determinados serviços sobre infra-estruturas que nem sempre estão preparadas tecnologicamente para tal, originou diversas ineficiências. Tal facto obrigou as redes a evoluir, tornando possível transportar e encaminhar vários sinais e tráfego e, no sentido de responder a estas questões está-se a caminhar para a convergência das redes. Esta evolução está a originar um novo tipo de redes, as redes de próxima geração – NGN.

As NGN têm a capacidade de disponibilizar uma variedade de serviços multimédia. São baseadas em comutação de pacotes que permitem fazer uso de múltiplas tecnologias de transporte de banda larga, permitindo ainda diferentes níveis de qualidade de serviço, em que as funções relacionadas com os serviços são independentes das tecnologias de transporte.

2.4.1. Rede telefónica fixa

Este serviço foi criado inicialmente para permitir comunicação por voz a longas distâncias e funciona sobre estrutura de pares entrançados de cobre. No entanto, com o evoluir dos tempos e a crescente procura deste serviço, foi necessário introduzir elementos que permitissem efectuar estabelecimento de ligações de uma forma mais prática, do que a comutação manual até então utilizada. Foram assim introduzidos os comutadores automáticos, que permitem a selecção automática do destino da chamada telefónica.

Este tipo de rede apresenta ligações multi-nível, redundante e com uma combinação árvore-malha, ou seja, em termos práticos, a arquitectura da rede telefónica utiliza comutadores PSTN (*Public Switch Telephone Network*) como uma estrela hierárquica.

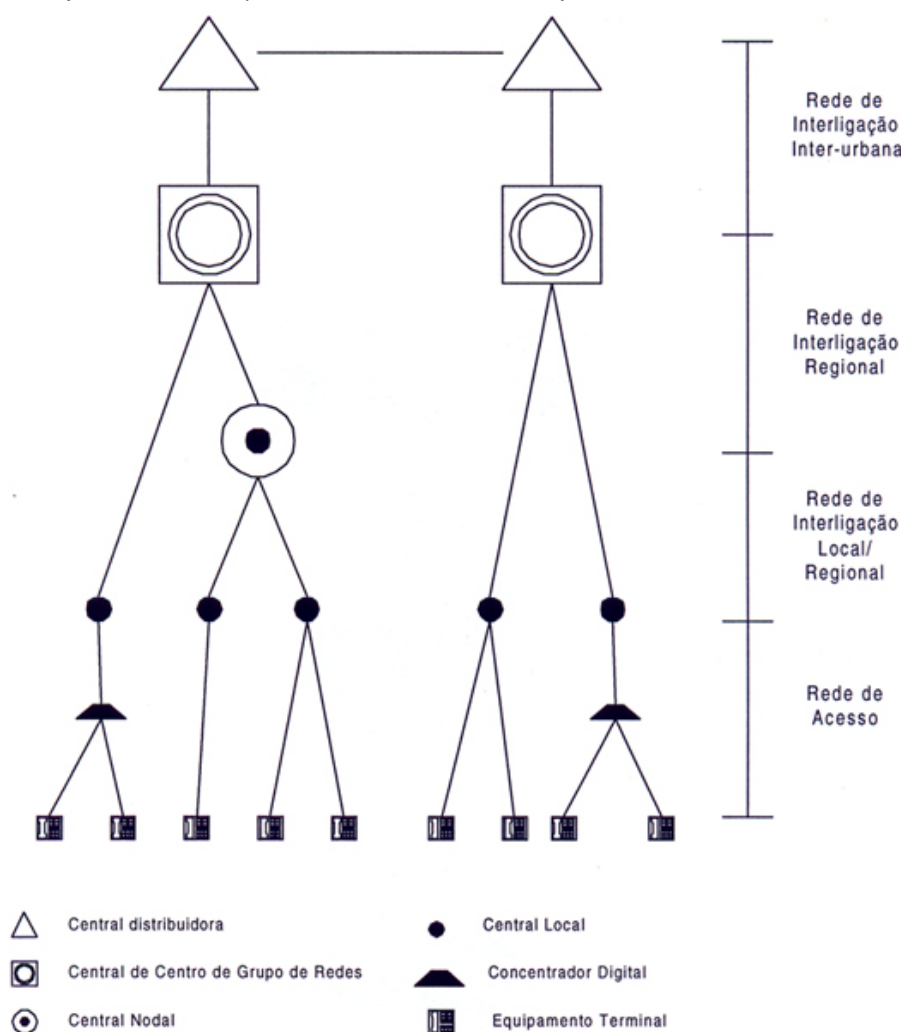


Figura 4 - Configuração genérica das redes telefónicas em Portugal [Ref. 24]

A rede telefónica fixa, resulta da interligação dos recursos existentes nas redes descritas anteriormente, ou seja a rede nuclear, a rede de acesso e a rede do cliente, sendo que nas redes nuclear e de acesso está patente transmissão de voz por tecnologia digital e na rede do cliente a transmissão ainda é feita analogicamente.

A rede de acesso digital é designada por rede de acesso RDIS (Rede Digital com Integração de Serviços) ou ISDN (*Integrated Service Digital Network*). A RDIS criou condições para uma maior integração da rede, passando a ser possível transmitir tráfego de voz e dados na mesma rede, tendo sido desenvolvida quando se introduziu a digitalização na rede de acesso e interliga transmissão e comutação.

2.4.2. Rede xDSL

Este tipo de redes surgiu na tentativa de tirar o máximo proveito da infra-estrutura de cobre da rede telefónica existente, através do desenvolvimento de técnicas de modulação e compressão espectral, capazes de transmitir débitos superiores até aos então existentes. Esta tecnologia estabelece um circuito permanente entre o utilizador e o fornecedor de serviços, disponibilizando uma maior velocidade de transmissão.

Existem diferentes tecnologias DSL, como por exemplo o ADSL, o SDSL, o VDSL, o HDSL, o RADSL e o IDSL.

As velocidades neste tipo de ligações dependem da distância entre o utilizador final e a DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) pelo que o compromisso distância/taxa de transmissão é um dos factores mais importantes a ter em conta.

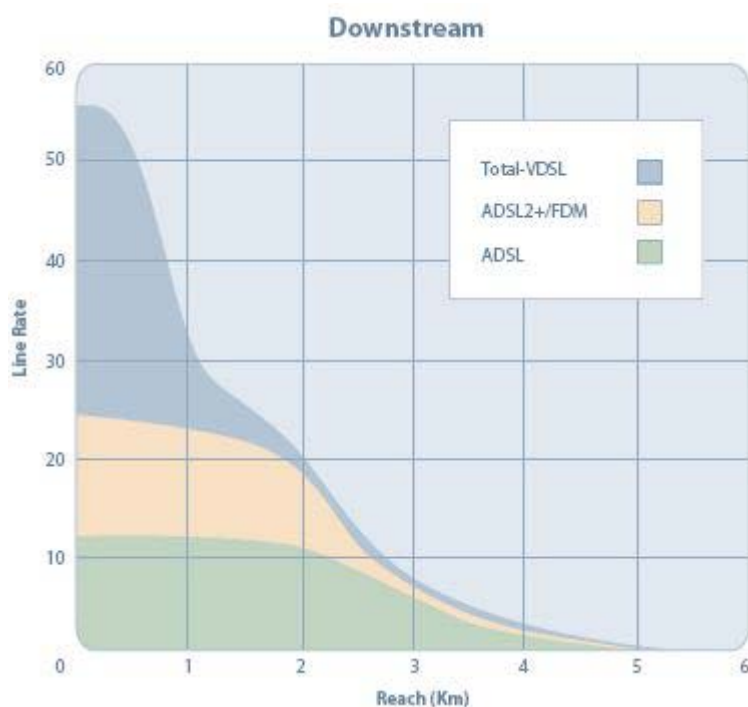


Figura 5 – Variação da taxa de transmissão (Mbps) com a distância (km) ao DSLAM [Ref. 5]

A rede PSTN é uma rede ponto-a-ponto e como tal a velocidade é dedicada ao utilizador, não precisando por isso de ser partilhada.

As redes baseadas em DSL são assim vantajosas pois, como utilizam parte da infra-estrutura de cobre já existente, permitem uma redução nos custos de implementação, conseguindo fornecer largura de banda que já permite utilizar serviços e aplicações tais como o VoIP e IPTV. Contudo, apresentam também algumas desvantagens, uma vez que o desempenho é bastante afectado pela distância, conforme se pode constatar pela análise da Figura 5. Este tipo de redes, também não é o mais adequado para aplicações que mantenham um fluxo contínuo de informação, como é

o caso do IPTV, uma vez que estas aplicações podem consumir toda a largura de banda do sentido descendente da ligação, limitando a capacidade para outros serviços.

2.4.3. Redes CATV

As redes CATV (*Community Antenna Television*) foram instaladas com o objectivo de distribuir sinais de vídeo, mas têm evoluído para fornecer uma grande variedade de serviços de telecomunicações, como a programação de rádio FM, Internet de alta velocidade, serviço de telefone, etc. Actualmente, são serviços que, apesar de não estarem relacionados com televisão, podem também ser fornecidos por cabo.

Esta introdução de novos serviços, levou a que se mudasse de um tipo de rede de *broadcast* (difusão), onde as comunicações se realizavam apenas no sentido descendente e todos os utilizadores recebiam o mesmo sinal, para passarem a ser feitas nos dois sentidos, assim como comunicações separadas para cada utilizador. Esta capacidade foi atingida através das novas frequências utilizadas, entre 85 e 860Mhz no sentido descendente e entre 5 e 65Mhz no sentido ascendente, o que torna o sistema assimétrico.

Este tipo de redes apresenta uma estrutura em árvore, utilizando cabos coaxiais nas zonas de distribuição e fibra óptica nos troços mais compridos da rede.

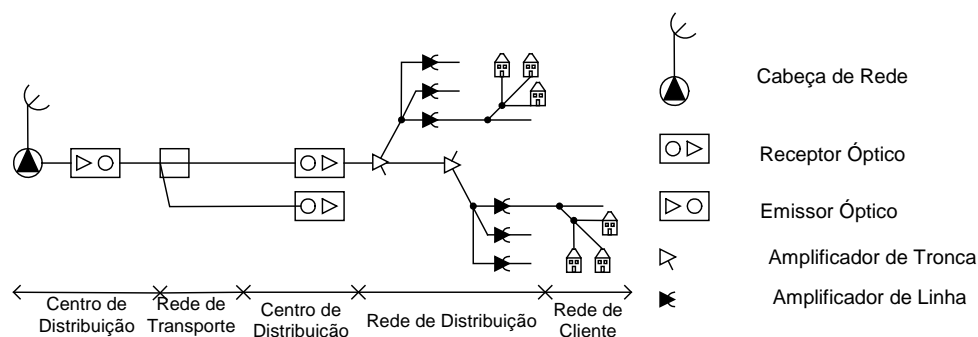


Figura 6 – Estrutura de uma rede de distribuição por cabo [Ref. 4]

O sinal é composto na cabeça de rede, onde são recebidos e processados os diversos canais a difundir na rede. Estes canais podem ter diversas origens, como recepção por satélite ou recepção terrestre. O sinal composto na cabeça de rede é injectado em cabos de fibra óptica (rede de transporte) até aos centros de distribuição, onde o sinal eléctrico passa para o cabo coaxial.

A rede de distribuição é uma rede em cabo coaxial, que interliga os diversos receptores ópticos, situados nos centros de distribuição, com as saídas dos amplificadores de tronca ou de linha. Estes amplificadores são dispostos de forma a compensar as atenuações sofridas pelo sinal ao longo do trajecto. Como são utilizadas frequências elevadas, a atenuação irá ser também ela elevada, obrigando à instalação de amplificadores com um intervalo na ordem das centenas de metros.

Tal como as redes DSL; as redes CATV têm a grande vantagem de utilizar infra-estruturas existentes, reduzindo assim os custos de instalação. A natureza partilhada da rede limita no entanto a largura de banda disponível para cada utilizador. Quanto mais utilizadores estiverem ligados em simultâneo, menor será a largura de banda disponível para cada um. De entre as várias normas que definem o modo como o transporte de dados nas redes CATV se realiza, destaca-se a norma DOCSIS (*Data Over Cable Service Interface Specification*).

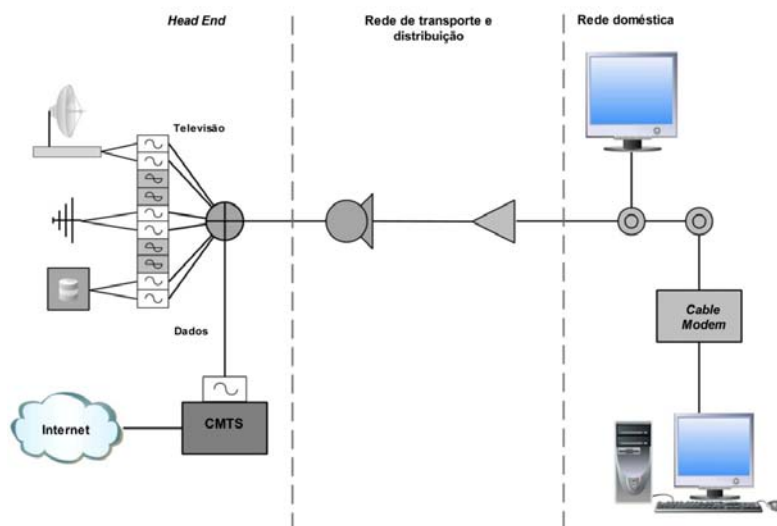


Figura 7 - Ligação DOCSIS [Ref. 1]

2.4.4. Redes de fibra óptica

Desde a década de 90 que se tem colocado uma grande expectativa em soluções de rede baseadas em fibra óptica na rede de acesso, como sendo capazes de resolver definitivamente o problema de fazer chegar a casa de cada cliente um acesso de banda larga, que permita aceder aos serviços de voz, vídeo e dados com um nível de QoS adequado.

Um cabo de fibra óptica é constituído por um determinado número de fibras de vidro muito finas. É um guia de onda cilíndrico, formado por um núcleo de fibra (com um diâmetro de 8 a 100µm) por onde as ondas electromagnéticas são guiadas, com um índice de refração superior ao da bainha. A diferença entre estes dois índices de refração, permite que as ondas se propaguem no núcleo. A fibra tem também um revestimento primário que a protege da humidade e dos químicos, e um revestimento exterior, que pode ser fixo ou solto.

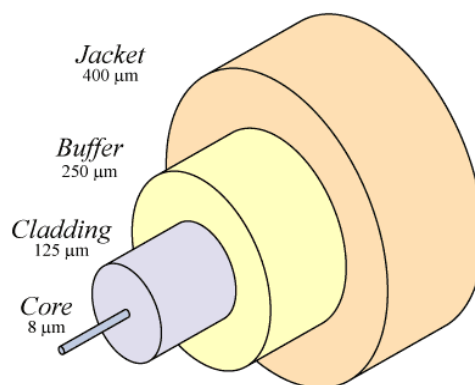


Figura 8 – Constituição de um cabo de fibra óptica [Ref.6]

Existem várias vantagens em construir uma rede baseada em fibra óptica:

- A largura de banda é quase ilimitada;
- A fibra é um meio com pouca atenuação e dispersão, devido à elevada largura de banda que proporciona;
- Como a atenuação é muito baixa, permite grande distância entre repetidores;
- Os cabos de fibra são bastante pequenos e pesam pouco;
- As fibras ocupam pouco espaço físico, comparativamente a cabos metálicos;
- Na fibra não ocorrem fenómenos de cross talk;
- A fibra não sofre influência de campos magnéticos nem corrosão, ao contrário dos cabos coaxiais e dos pares de cobre entrançados, não sendo afectada pelas condições meteorológicas, nem pelo relevo do terreno e edifícios, como acontece em comunicações sem fios.

Apesar das inúmeras vantagens, a fibra óptica também apresenta algumas desvantagens, tais como:

- Defeitos de fabrico como impurezas e pequenas variações do índice de refração, podem provocar a absorção de alguma luz;
- A atenuação - característica que depende do grau de pureza do vidro que constitui a fibra - está relacionada com comprimento de onda da luz utilizada.

2.4.4.1. Architecturas de Rede FTTx

FTTx (*Fiber to the x*) é uma expressão genérica para designar qualquer tipo de rede de telecomunicações que utilize fibra óptica. Dependendo do ponto de terminação da fibra óptica, o *x* tem várias designações: FTTN (*Fiber To The Node*), FTTCab (*Fiber To The Cabinet*), FTTC (*Fiber To The Curb*), FTTP (*Fiber To The Premises*), FTTB (*Fiber To The Building*) e FTTH (*Fiber To The Home*).

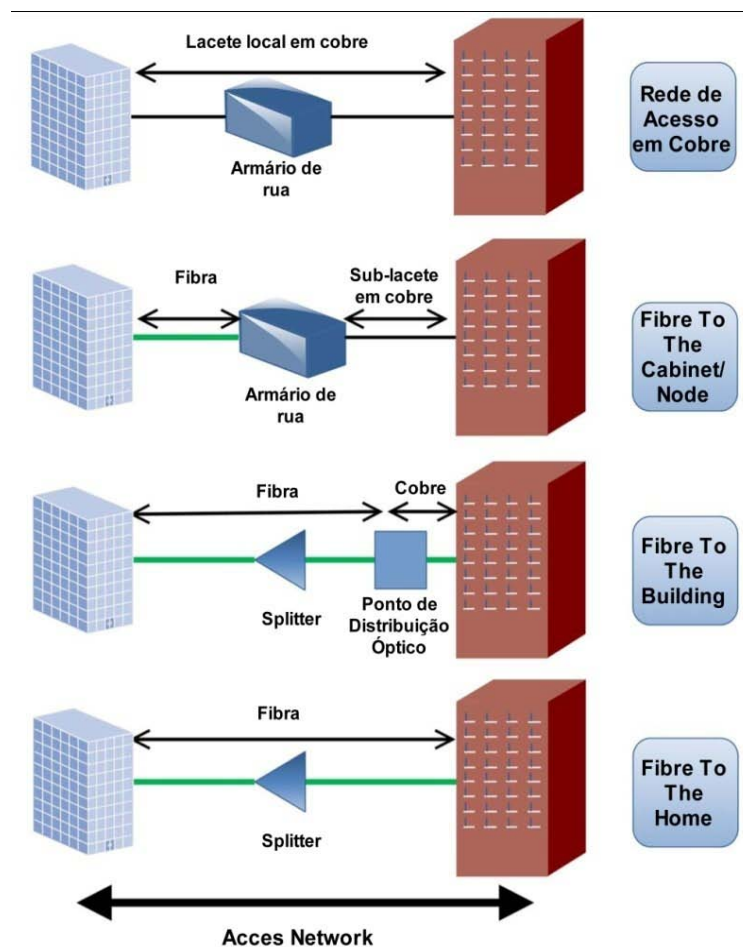


Figura 9 - FTTX [Ref. 1]

Fiber to the node (FTTN) ou *fiber to the cabinet* (FTTCab), designam arquitecturas onde os cabos de fibra óptica terminam no armário de rua, servindo-se depois os utilizadores com a infra-estrutura em cobre existente, ou ainda do tradicional cabo coaxial. Estas arquitecturas adequam-se a zonas com pouca densidade populacional e a utilizadores que pretendam internet de alta velocidade.

Fiber to the curb (FTTC), designa uma arquitectura onde os cabos de fibra óptica chegam até a um armário de rua, servindo uma área bastante reduzida e com baixa densidade populacional. Os utilizadores ligam-se a este armário através da infra-estrutura em cobre existente ou por intermédio de cabo coaxial. Esta arquitectura difere das arquitecturas anteriores pelo alcance da fibra, uma vez que permite que o armário de rua esteja já bastante próximo da residência do cliente, ao passo que nas arquitecturas FTTN ou FTTCab, este armário de rua encontra-se bastante afastado da residência do cliente.

Fiber to the building (FTTB), designa uma arquitectura onde a fibra óptica chega até à entrada de um edifício, não chegando a fibra directamente a casa do utilizador final, podendo o acesso ser feito por cobre ou cabo coaxial.

Dentro de todo o conjunto de arquitecturas de rede possíveis, a que eventualmente mais interesse terá será a arquitectura *Fiber to the home* (FTTH), pois que em fase última, permitirá a colocação de fibra dedicada até ao utilizador final. Esta arquitectura comporta um investimento bastante mais elevado do que as arquitecturas referidas anteriormente, em especial a FTTN e a FTTCab, uma vez que não se serve da estrutura existente em nenhum ponto do seu trajecto até casa do utilizador final, podendo no entanto reaproveitar a rede de condutas existente.

2.4.4.1.1. Tecnologias utilizadas

As arquitecturas das novas redes de acesso agrupam-se em duas categorias: ponto-a-ponto ou arquitectura estrela, conforme a sua distribuição.

Na arquitectura ponto-a-ponto o utilizador final tem uma fibra dedicada desde o CO (*Central Office*) até à sua residência. Na arquitectura em estrela, temos uma arquitectura ponto-a-multiponto onde a fibra é partilhada desde o *Central Office* até ao nó remoto onde os sinais são comutados, multiplexados ou divididos e encaminhados para a casa de cada utilizador, através de uma fibra dedicada.

As arquitecturas ponto-a-multiponto podem ser ainda activas ou passivas, dependendo do facto de o nó remoto ter ou não alimentação. A arquitectura em estrela passiva pode ser constituída por um único comprimento de onda (todas as unidades de alojamento são servidas por um comprimento de onda comum) ou um sistema WDM (*Wavelength Division Multiplexing* – onde cada cliente é servido por um comprimento de onda dedicado).

O tipo de rede activa mais conhecida é a *Active Ethernet*. Esta arquitectura utiliza *switches Ethernet* ópticos para distribuir o sinal, sendo estas redes semelhantes às redes *Ethernet* de computadores.

As redes passivas utilizam *splitters ópticos passivos* para que uma única fibra proveniente do *Central Office* se divida e sirva múltiplos utilizadores (geralmente 32-64). Uma das soluções de rede passiva mais conhecida é a PON (*Passive Optical Network*).

2.4.4.1.2. Cenários Evolutivos

2.4.4.1.2.1. 10GPON

A tecnologia 10GPON foi pensada para satisfazer o crescente aumento da necessidade de largura de banda, adaptando os actuais sistemas 2,5 GPON para suportar 10 Gbit/s no sentido descendente e 2,5 Gbit/s no sentido ascendente.

Deverá ser, no entanto, mantida a coexistência entre GPON e 10GPON, quanto mais não seja por esta última ser uma adaptação da primeira. Esta coexistência é viabilizada através da alocação do sistema 10GPON em comprimentos de onda diferentes daqueles que são utilizados no sistema GPON.

2.4.4.1.2.2. WDM-PON

O WDM-PON é uma opção para as próximas redes de nova geração PON, baseada em WDM. Enquanto as tecnologias anteriores utilizam comprimentos de onda fixos e se baseiam em múltiplos acessos por divisão temporal (a cada ONU é atribuído um timeslot), a WDM-PON é um tipo de PON que usa múltiplos comprimentos de onda para aumentar a largura de banda disponível para os utilizadores finais. No WDM-PON cada ONU tem um comprimento de onda reservado para comunicar com o OLT, permitindo redes ponto-a-ponto na infra-estrutura PON. As redes WDM-PON podem oferecer maior largura de banda através de distâncias maiores.

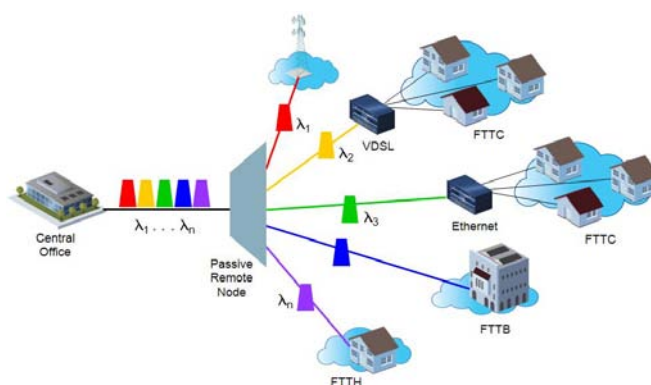


Figura 10 - WDM-PON [Ref. 9]

Esta tecnologia teria como vantagens:

- Largura de banda da camada física semelhante à das tecnologias ponto-a-ponto, não sendo necessária uma banda de programação (*scheduling*) como no GPON;
- Uso eficaz de fibra partilhada no máximo por 64 assinantes, contrastando com a fibra dedicada da tecnologia GPON;
- Permite longo alcance;

- Permite a separação física dos sinais dos assinantes.

No entanto esta tecnologia tem alguns obstáculos, destacando-se o seu elevado custo como obstáculo principal, uma vez que os emissores devem emitir luz num determinado comprimento de onda.

2.4.5. Redes sem Fios

As redes sem fios utilizam o espectro electromagnético como meio de transmissão. Uma vez que este tipo de meio é bastante ruidoso, com características bastante variáveis, é necessário que as tecnologias de transmissão sejam bastante robustas no que diz respeito à detecção de erros. Estas redes não são necessariamente sem fios na sua totalidade, uma vez que as antenas utilizadas estão muitas vezes interligadas por meios físicos, como a fibra óptica ou até pares de cobre.

2.4.5.1. Difusão em espaço livre

As redes de difusão caracterizam-se pela capacidade de se dirigirem a vários utilizadores ao mesmo tempo. Essa difusão pode ser para todos os utilizadores (não endereçada – Rádio e Televisão) ou para um grupo restrito de utilizadores (difusão endereçada).

O meio de transmissão utilizado nos serviços de rádio é o espaço livre, onde são utilizadas portadoras moduladas em frequência FM (*Frequency Modulated*) sendo transmitido um sinal rádio em cada uma destas portadoras. Estes sistemas têm evoluído de forma a apresentarem uma melhor qualidade, o que deu origem ao aparecimento da difusão digital de áudio (DAB – *Digital Audio Broadcasting*). A difusão digital suporta entre 6 a 17 estações de rádio, permitindo velocidades de transmissão na ordem dos 1,5Mbps.

O sistema de difusão de televisão em espaço livre, utiliza sinais de rádio frequência nas bandas VHF (Very High Frequency) e UHF (Ultra High Frequency). Os sinais provenientes do emissor, são enviados até ao utilizador através de transmissões locais, que recebem o sinal, amplificam-no, retiram-lhe o ruído proveniente da amplificação e reenviam para outros transmissores. A difusão de televisão tinha inicialmente um problema quanto à sua cobertura, tendo actualmente sido resolvido através da utilização de um sistema complementar de transmissão de sinais de televisão via satélite. Outra evolução foi a digitalização da transmissão (DTT – *Digital Terrestrial Television*). A televisão digital é transmitida recorrendo a sinais de rádio frequência, da mesma forma que a televisão tradicional, permitindo no entanto recepção de múltiplos canais numa única gama de frequências.

2.4.5.2. Celulares com mobilidade

2.4.5.2.1. GSM / GPRS

A *Global Systems for Mobile communications* (GSM) é a rede telefónica móvel mais utilizada na Europa. Os serviços de voz e de mensagens SMS (*Small Messages Service*) asseguraram o sucesso das redes GSM, ao passo que o serviço de dados é pouco utilizado. O sistema GSM fez a passagem da tecnologia analógica para a tecnologia digital, trazendo melhorias na segurança, robustez e fiabilidade.

O GPRS (*General Packet Radio Service*) é uma tecnologia sem fios de transmissão de dados por pacotes e uma evolução da rede GSM. Esta tecnologia fornece um serviço que permite que a informação em forma de dados seja emitida e recebida através de uma rede de telefones móveis. A rede GPRS mantém a maioria dos equipamentos da rede GSM e funciona como um complemento a esta rede proporcionando-lhe serviços de dados, passando a existir duas redes em paralelo: uma que continua a assegurar os serviços baseados em circuitos (serviços e voz) e a outra que faz o encaminhamento das ligações de pacotes.

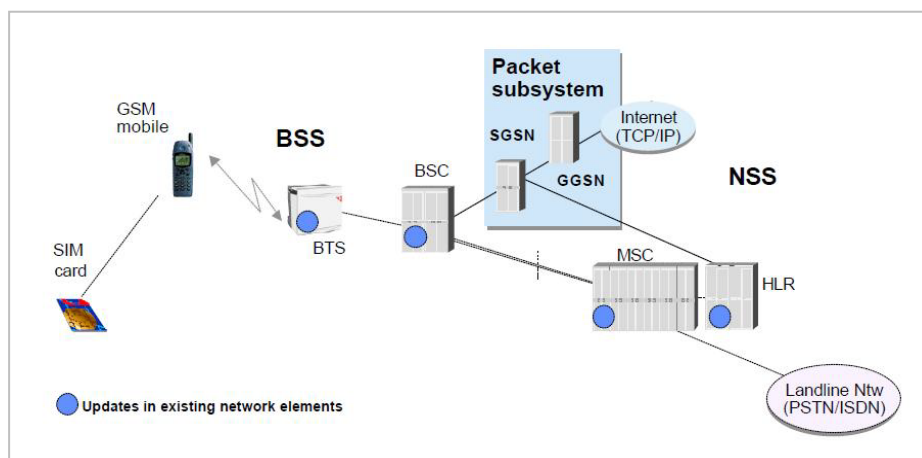


Figura 11 - Upgrade de GSM para GPRS [Ref. 25]

2.4.5.2.2. UMTS

O UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) foi projectado com o intuito de continuar o sucesso global do sistema de comunicação móvel GSM de segunda geração, sendo uma continuação do GPRS, permitindo fornecer serviços multimédia de alta velocidade. O UMTS permite ainda interligação com outras redes, como a rede telefónica fixa ou a rede de dados, para que seja possível a um utilizador movimentar-se em diferentes ambientes.

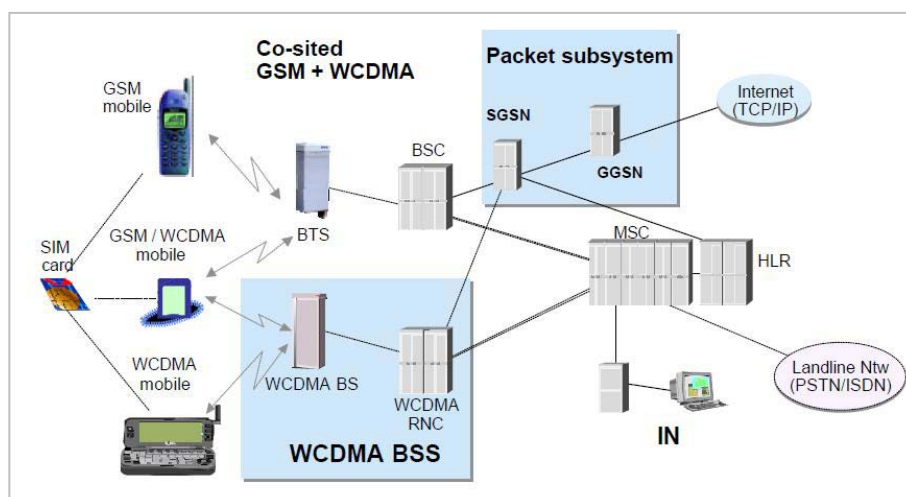


Figura 12 - Arquitetura UMTS [Ref. 25]

2.4.5.2.3. HSDPA

A tecnologia HSDPA (*High Speed Download Packet Access*) é uma tecnologia que permite obter taxas de transmissão mais elevadas, em redes baseadas em UMTS.

Desde a sua introdução no mercado que as tecnologias de terceira geração de comunicações móveis têm sido anunciadas como soluções tecnológicas com grandes capacidades, o que não se veio a verificar, uma vez que os operadores cedo descobriram que apenas se tratava de um ajuste com capacidade de transportar tráfego de dados sobre a rede móvel existente e que não seria uma solução viável para tráfego de banda larga.

A tecnologia HSDPA foi desenvolvida para preencher esta falha, fazendo a ligação entre a rede móvel (3G) e os serviços de internet, permitindo sobrepor os vários protocolos que possibilitam uma comunicação por dados à alta velocidade, para vários utilizadores servidos pela mesma célula. Embora esta tecnologia permita larguras de banda na ordem dos 14 Mbps (21 Mbps para HSPDA2+) os utilizadores raramente obtêm as larguras de banda esperadas (desde de 1Mbps até 21,6 Mbps) devido ao elevado factor de concentração necessário para que esta tecnologia seja rentável.

2.4.5.2.4. LTE

O recente aumento de uso de troca de dados e surgimento de cada vez mais aplicações, tais como jogos *online*, *mobile tv* e *Web 2.0* motivaram o aparecimento da tecnologia *Long-Term Evolution (LTE)*. Espera-se que a tecnologia LTE, cujo acesso rádio é chamado *Evolved UMTS Terrestrial Radio Network (E-UTRAN)*, aumente substancialmente a taxa de débito de cada utilizador final, a capacidade de cada sector, a mobilidade de cada utilizador e que reduza substancialmente a latência. Com a emergência do protocolo IP como protocolo de eleição para transportar todos os tipos de tráfego, está previsto que o LTE suporte tráfego IP com QoS de ponto a ponto, sendo que também o tráfego de voz será suportado maioritariamente com voz

sobre IP (VoIP – *Voice Over IP*) permitindo assim uma melhor integração com outros serviços multimédia.

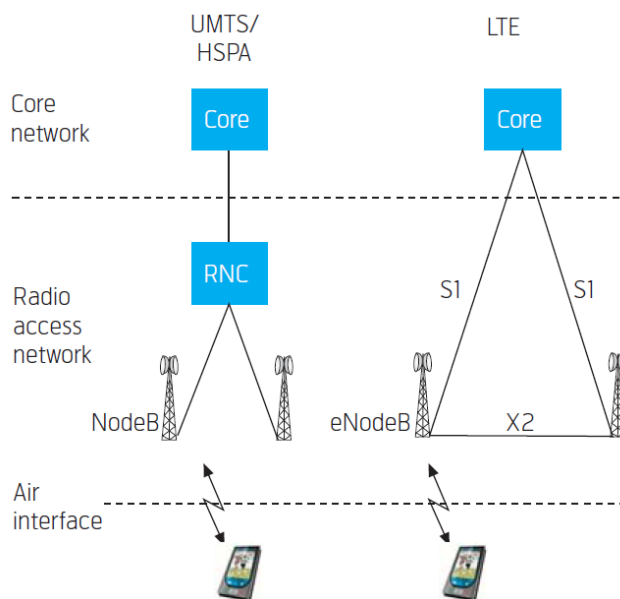


Figura 13 – Arquitecturas HSDPA e LTE [Ref. 26]

2.4.5.3. Wi-Fi

A tecnologia Wi-Fi foi desenvolvida para proporcionar comunicações sem fios de pequeno alcance, dando aos utilizadores uma maior comodidade no seu quotidiano. Esta tecnologia é geralmente utilizada para distâncias máximas de 30 metros em interiores e 90 metros em exteriores, e a sua taxa de transmissão pode atingir no máximo 54 Mbps. Estas velocidades são, no entanto, partilhadas por todos os utilizadores da rede, pelo que quanto maior for o número de utilizadores ligados, menor será a largura de banda de que cada um poderá usufruir. A distância entre dois pontos de acesso Wi-Fi depende de vários factores, desde a área em si (edifícios, objectos, etc) até à qualidade das antenas. Esta tecnologia é vista como sendo um complemento para qualquer rede de acesso, não sendo portanto vista como alternativa uma vez que a mobilidade que apresenta é bastante reduzida, com a agravante de não se conseguirem obter grandes ritmos de transmissão.

2.4.5.4. WiMAX

O WiMAX é uma tecnologia sem fios que pretende ser uma alternativa ao DSL e ao cabo, permitindo velocidades até 40 Mbps ao longo de distâncias até 10 km. No entanto, e à semelhança do Wi-Fi a largura de banda disponível também é partilhada por todos os utilizadores que estiverem ligados à rede em simultâneo, pelo que quanto maior for este número de utilizadores, menor será a largura de banda disponível para cada um.

As redes *wireless* têm boas características no que aos custos, mobilidade e flexibilidade diz respeito, tendo no entanto a desvantagem de não serem capazes de enviar grandes quantidades de informação ao longo de grandes distâncias e fornecer serviço a vários utilizadores em simultâneo. Estas limitações, tornam as redes sem fios pouco capazes de competir com as redes cabladas, podendo no entanto ser usadas de forma a alargar a cobertura das redes a áreas rurais e remotas, como forma de complemento da rede de acesso em cabo, permitindo assim ao utilizador uma maior mobilidade nas comunicações.

3. Conceitos económico-financeiros de base

3.1. Noções Introdutórias

3.1.1. Conceito de Projecto

A expressão «projecto» para os financeiros e economistas é geralmente entendida como significando *o conjunto sistematizado de informações destinado a fundamentar uma decisão de investimento*. [Ref. 13] Com maior amplitude foi já proposta a seguinte definição de projecto, «*processo específico utilizado por uma entidade, pública ou privada, para atingir objectivos por cuja fixação é responsável*» [Ref. 14]. Este processo tem por obrigação atingir as seguintes fases:

- Determinação dos objectivos;
- Escolha do método (ou tecnologia) de combinação dos recursos disponíveis para alcançar os objectivos pretendidos;
- Determinação das despesas e receitas associadas à efectivação de tal escolha;
- Escolha das fontes de recursos;
- Estudo do enquadramento legal e administrativo do projecto.

Em projectos produtivos, que irei explicar de seguida, estas fases vêm a traduzir-se, ao nível de preparação de projectos, em estudos integrados:

- Estudos de mercado e localização;
- Estudos técnicos e de dimensão;
- Estudos de enquadramento legal;
- Estudos de rentabilidade financeira e económica.

As classificações de projectos propostas pelos diversos autores ou têm em conta o sector em que se inserem ou o próprio tipo de investimento que os negócios visam. Os projectos podem ser assim divididos em:

- *Projectos directamente produtivos* - os que visam a criação, renovação ou expansão de actividades de produção de bens ou serviços susceptíveis de venda directa a preço estabelecido, livremente ou não, no mercado;
- *Projectos não directamente produtivos* – os que visam ou a criação, renovação ou expansão de actividades de suporte às actividades produtivas (exemplo: investigação científica, infra-estruturas de transporte), ou se destinam a assegurar a vida colectiva (exemplo: polícia, defesa, administração), ou ainda se destinam a melhorar a vida individual ou colectiva (exemplo: saúde pública, habitação social, segurança social, etc.).

Embora este tipo de distinção não seja pacífica, existem bastantes critérios que permitem classificá-los numa ou noutra categoria. O principal critério é o da natureza e modo de formação do preço. Nos projectos não directamente produtivos o preço ou é impossível de estabelecer individualmente, ou, no seu modo de formação intervêm outros factores que não os componentes do seu custo industrial, comercial e encargos figurativos (juros do capital, salários da direcção, prémios de risco). Assim sendo, aos projectos directamente produtivos são aplicáveis métodos analíticos de determinação da rentabilidade financeira e económica que permitem chegar a medidas quantitativas (valor actual líquido, taxa interna de rentabilidade, período de recuperação, relação custos/benefícios, relação capital/produto, etc.), enquanto nos projectos não directamente produtivos, se utilizam métodos analíticos de aferição da eficácia relativamente ao custo (custo/eficácia) os quais assentam na transposição para uma base quantitativa eventualmente não monetária, de indicadores de eficácia de vários tipos.

3.1.2. Conceito de Investimento

Em termos genéricos investir corresponde a trocar a possibilidade de satisfação imediata e segura traduzida num certo consumo, pela satisfação diferida, instantânea ou prolongada, traduzida num consumo superior. [Ref. 13]

Uma forma de sistematizar um investimento é a criação de um plano de investimento ou projecto de investimento.

Um projecto de investimento é um conjunto de informações de diversa ordem que se destina a avaliar uma decisão de investimento. Logo, tudo o que sejam estudos, de mercado, sectoriais, ou técnicos, além de todo o tipo de análises ou informações não sistematizadas, não se incluem no conceito de projecto de investimento, desde que não se orientem para uma decisão de investimento de capital.

A rentabilidade futura é o ponto fulcral na decisão de implementação de um projecto de investimento, ou seja é a capacidade de gerar receitas num futuro mais ou menos próximo, de modo a cobrir as despesas efectuadas com a sua realização e funcionamento. Assim, a previsão dessas receitas e despesas desempenha um papel importante na elaboração de um projecto de investimento.

Habitualmente, define-se investimento como uma aplicação financeira, com o propósito de gerar rendimentos futuros durante um certo período de tempo. O projecto de investimento é o estudo da intenção desse investimento. O início de um investimento, é marcado pelas despesas de equipamento, matérias ou prestação de serviços (caso estudado). O fim ou desinvestimento é

marcado pelo escoamento de produtos do processo no mercado, subsidiariamente pela venda de equipamento degradado aquando da expiração do seu tempo de vida. [Ref. 13]

Todo e qualquer investimento possui em comum três características: [Ref. 15]

- Duração e faseamento, resultante do escalonamento temporal da execução do projecto;
- Rentabilidade, uma vez que se é feito um sacrifício de recursos, é sempre na expectativa das receitas futuras serem superiores ao dispêndio inicial correspondente ao custo do investimento;
- Risco, porque existe a expectativa e não a certeza.

Consideram-se quatro tipos de investimentos: [Ref. 15]

- Investimentos de substituição, cujo objectivo é a produção e lançamento de novos produtos ou serviços:
 - Introdução de novas tecnologias de transmissão em redes de telecomunicações;
 - Introdução de novos serviços de telecomunicações.
- Investimentos de substituição, não aumentam a capacidade da empresa e são os que apresentam menos incerteza. Os elementos a considerar no estudo dos projectos são essencialmente constituídos por factores internos da empresa:
 - Actualização de redes de telecomunicações.
- Investimentos de expansão, que têm por finalidade aumentar a capacidade da empresa sem modificar a natureza dos produtos:
 - Reforço de uma linha de produção fabril.
- Investimentos estratégicos, que não têm por objectivo aumentar directamente a rentabilidade da empresa, mas sim promover condições que favoreçam a sua prosperidade e o êxito dos investimentos acima referidos:
 - Investigação e desenvolvimento;
 - Banda larga em zonas periféricas e rurais.

A Figura 14 ilustra as diferentes fases de um projecto de investimento:

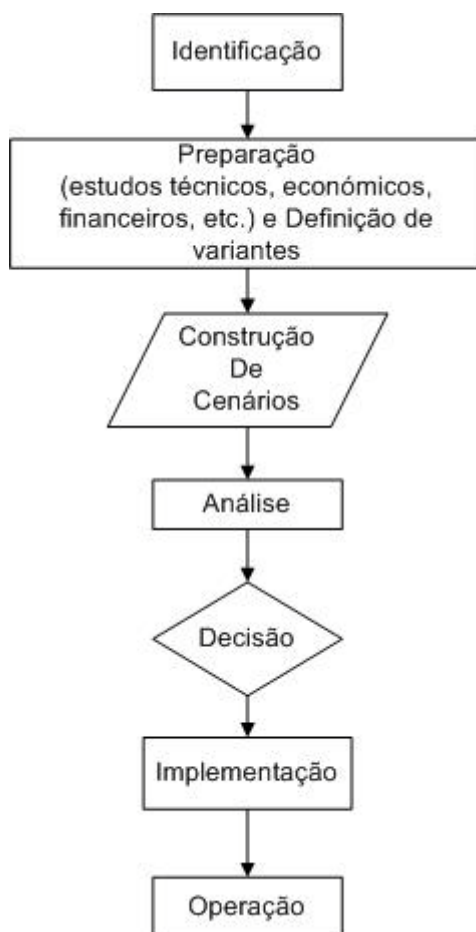


Figura 14 - Fases de um projecto de investimento [Ref. 4]

- Identificação:
 - É uma das fases mais importantes visto ser sobre ela que assentam todas as acções futuras;
 - O conhecimento da política global de desenvolvimento nacional e regional, a evolução recente do sector de actividade, das necessidades insatisfeitas e das necessidades futuras, possibilita o alinhamento dos objectivos da entidade que investe com outros objectivos mais amplos.
- Preparação:
 - Nesta fase são efectuados diversos estudos que incidem, normalmente, sobre aspectos:
 - Técnicos;
 - Económicos;
 - Financeiros;
 - Comerciais;
 - Jurídicos;
 - Regulamentares;

- Clarificam-se e exploram-se as variantes identificadas, sendo então possível optar por uma delas e formular definitivamente o projecto.
- **Análise:**
 - Financeira:
 - Técnica;
 - Comercial;
 - Institucional;
 - Económica;
 - Social;
 - Ambiental;
- **Decisão:**
 - Após os passos anteriores, o projecto de investimento está preparado para ser sujeito à avaliação;
 - Caso a decisão seja negativa, é sempre possível reavaliar alguns ou mesmo todos os aspectos da formulação do projecto de modo a adaptá-lo às exigências.
- **Implementação:**
 - Revisão dos estudos técnicos e financeiros efectuados, do calendário de realização do projecto, etc., para definir detalhadamente as operações a realizar;
 - São desencadeadas as acções necessárias:
 - Construção civil;
 - Montagem de equipamentos;
 - Recrutamento e formação de pessoal;
 - Lançamento do sistema de gestão;
 - Contratos de funcionamento;
 - Aprovisionamento (estudo das propostas dos fabricantes para fornecimento de material).
- **Operação:**
 - Zela pelo bom funcionamento do projecto, seguindo escrupulosamente a sua calendarização.

3.1.3. Conceito de Análise Tecno-Económica

A análise técnica preocupa-se com toda a engenharia do projecto, quer em relação às instalações, quer em relação aos equipamentos a utilizar, estimando os custos de investimento.

A análise técnica tem pois, como objectivo definir a base tecnológica do projecto bem como as suas condições de laboração e técnicas em geral. Há então que estudar as diferentes tecnologias disponíveis de forma a optar pelas que se adaptam melhor quer à realidade do investidor, quer à dimensão que se pretende atingir.

Também conhecida como análise custo-benefício, a análise económica, é o estudo de apoio à tomada de posição pública relativamente ao projecto. A análise faz-se não apenas em termos de rentabilidade financeira, mas e principalmente, em função da contribuição do projecto para o bem-estar da população ou da contribuição do projecto para os objectivos da política económica nacional. Assim, os benefícios que se podem obter de um projecto de investimento podem classificar-se como tangíveis (aqueles que se traduzem numa quantidade bem definida) ou intangíveis (aqueles que não se podem quantificar). A grande diferença, relativamente à análise financeira reside no facto de os dados serem tratados a preços de mercado corrigidos de todas as distorções que alteram o seu valor real. A componente económica, indica qual a distribuição e utilização dos recursos dentro do meio em que o projecto se insere. [Ref. 16]

Quando se realiza um estudo sobre um projecto de implementação de rede de telecomunicações é necessário realizar uma análise técnico-económica. De entre os aspectos a ter em conta realçam-se os seguintes:

- Caracterização demográfica e geográfica da zona onde se vai implementar a rede;
- Identificação dos serviços que se adequam à zona/cenário em estudo;
- Identificação das possíveis soluções de rede (arquitectura, tecnologias, etc.) adequadas à provisão dos serviços a oferecer;
- Dimensionamento das redes;
- Determinação dos modelos de negócios e de operação;
- Estimativa de custos e proveitos associados às diferentes tecnologias e arquitecturas;
- Construção e comparação de cenários técnico-económicos (soluções/modelo de exploração).

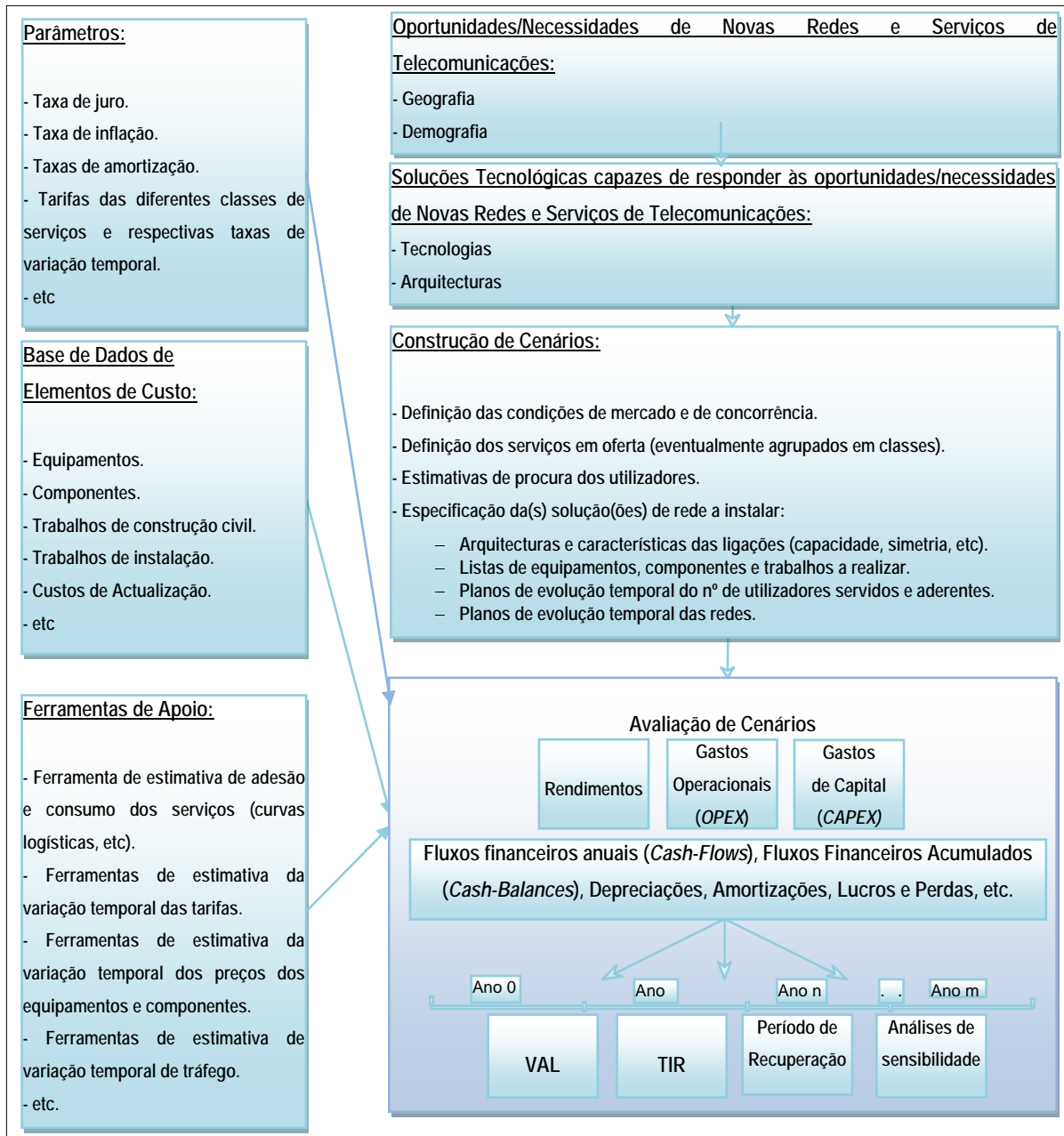


Figura 15 – Estrutura da ferramenta de análise tecno-económica [Ref. 7]

3.2. Gastos

3.2.1. CAPEX (Capital Expenditures)

CAPEX, é definido como a despesa associada com a implementação ou extensão de activo fixo (como infra-estrutura), sujeito a depreciação durante a vida económica de um projecto [Ref. 11]. Assim, existe um valor residual associado a estas despesas. O *CAPEX* é essencial para planeamento de novos serviços, melhoria dos existentes ou até para expandir os serviços do

operador em causa. A sua análise é geralmente baseada em requisitos físicos e lógicos. A construção de uma rede, a implementação de novos elementos de rede e a aquisição de *software* ou *hardware* que permita determinados tipos de serviço, por exemplo, envolve importantes quantias que devem sempre ser tidas em conta.

3.2.2. OPEX (Operational Expenditures)

OPEX, é definido como as despesas necessárias para manter o negócio ou o equipamento activos, factor indispensável para manter os serviços activos e funcionais [Ref. 11]. Estas despesas não são destinadas a estender os activos da empresa e não estão sujeitas a depreciação. Uma vez realizadas, não têm qualquer valor residual.

De uma forma geral, o *OPEX* pode ser definido como todos os elementos de custo numa análise de *cash-flow* que não sejam *CAPEX*. Em boa verdade, a fronteira entre *CAPEX* e *OPEX* não está sempre bem definida. Algumas despesas, como as despesas relacionadas com *software*, encontram-se na fronteira entre *CAPEX* e *OPEX*, porque se encontram relacionadas tanto com um, como com outro. Toda a despesa na aquisição de *hardware* e *software* é definida como *CAPEX*, mas a operação e manutenção de tais sistemas, custos de mão-de-obra associados e custos com licenças periódicas são considerados como *OPEX*.

A importância do *OPEX* numa análise tecno-económica, aumentou significativamente nos últimos anos. Tal factor deve-se maioritariamente ao aumento da competição, baixo nível de receitas por parte dos serviços tradicionais, necessidades de lucro a curto prazo e ao facto de os diversos intervenientes no mercado de telecomunicações, serem cada vez mais sofisticados. Muitas empresas optam por não investir em infra-estruturas, para se tornarem unicamente fornecedoras de serviços, etc. Para estas empresas, o *OPEX* representa a maior parte das suas despesas.

3.2.2.1. Elementos de *OPEX*

A lista de elementos de *OPEX* que se segue, deverá cobrir todos os papéis relevantes, como por exemplo operador de serviços, operador de rede, integrador de serviços, provedor de conteúdos, etc. Estes elementos deverão ser aplicáveis para todos os tipos de negócios de telecomunicações, sejam eles móveis ou fixos e convergente para ambos os operadores e recém-chegados. Estes elementos devem também cobrir diferentes tipos de projectos que lidam com implementação de novos serviços/produtos ou introdução de novas tecnologias/plataformas.

A lista que se segue contém os principais elementos de *OPEX* identificados. Para cada elemento, são dados alguns exemplos de características e áreas de aplicação.

Assim sendo, temos:

1. Manutenção de equipamento e componentes

- Inclui todos os custos recorrentes que periodicamente são necessários para que o funcionamento da rede e do serviço não sejam perturbados;
- Inclui custos preventivos, quer de reparação, quer de manutenção;
- Reinvestimento devido a substituição de equipamento, é tratado como *CAPEX*. (Entende-se Reinvestimento por mudança para uma nova versão de equipamento, geralmente com funcionamento superior).
- Custos de desactivação (remoção de equipamento antigo) poderão ser contabilizados como *OPEX* ou incluídos no *CAPEX*.

2. Licenças de equipamento e software e manutenções de *outsourcing*

- Inclui as despesas anuais do operador para com o fornecedor de equipamento depois da aquisição dos equipamentos necessários (acordos de manutenção e custos com licenças periódicas).

3. Vendas e *marketing*, aquisição de novos clientes

Este ponto pretende cobrir ambos os tipos de empresas (retalho e atacado)

- *Marketing*
- Publicidade
- Campanhas
- Negociações de SLA (*Service level agreement*)
- Subsídias (por exemplo, a vendedores de telemóveis)

4. Provisionamento de clientes

- Registo de clientes
- Instalação e reinstalação (por desistência) de clientes
- Dispositivos de activação de clientes

5. Atendimento ao cliente

- Serviço de apoio ao cliente, gestão de reclamações, etc.
- Gestão do *help desk*
- Gestão do relacionamento com o cliente - CRM (*Customer Relationship Management*)
- Poderá ser muitas vezes *outsourced*

6. Cobranças e facturação

- Medição e junção de dados
- Cobranças

- Facturação
- Contabilidade e controle (com relatórios regulares para um superior)

7. Gestão de serviços

- Gestão de produtos (pessoa responsável)
- Supervisão e monitorização de serviços e qualidade
- Gestão de SLA

8. Gestão da rede

- Falhas, configuração, contabilidade, *performance*, e gestão de segurança (FCAPS)
- Supervisão e controle dos elementos de rede
- Operação de OSS (*Operation Support Systems*)

9. Desenvolvimento de Produtos/Plataformas

- Planeamento de rede
- Desenvolvimento e *design* de serviços
- *Design* de SLA

10. Alocação de recursos físicos de rede

Estes elementos são bastante relevantes para os prestadores de serviços ou operadores virtuais que não possuem plataformas de rede ou infra-estruturas próprias, mas que as alugam a outros operadores. Também os operadores tradicionais têm muitas vezes que pagar por algumas infra-estruturas embora em menor grau.

- LLUB (*local loop unbundling*)
- Venda por atacado (por exemplo acesso DSL)
- Linhas alugadas
- Fibra escura
- Co-alocação, alojamento
- Mastro para *base stations*
- Acesso móvel
- SAN (*Storage area network*)

11. *Roaming*

- Acordos de *roaming* e custos de liquidação: o custo incorrido em negociar e gerir os acordos de roaming e liquidações financeiras.

- Teste de *roaming* global: o custo incorrido em levar a cabo testes de interoperabilidade para *roaming* entre várias redes e tecnologias.
- Manutenção de VHE (*Virtual home environment*): o custo incorrido para a manutenção da VHE, essencial para fornecer o mesmo perfil personalizado através de múltiplas redes e terminais, para um dado cliente.

12. Interconexão

- Os custos de interconexão incluem principalmente encargos com terminação cobrados por um operador de rede responsável por completar uma chamada ou uma sessão originada noutra rede.

13. Custo anual de licenças de espectro de rádio

- Custo anual para licenças de frequência UMTS, WiMAX, etc.
- Não inclui o pagamento de uma só vez
- Algumas entidades reguladoras oferecem a possibilidade de aluguer de um espectro de um determinado operador a terceiros.

14. Regulação

- Custo de juntar toda a informação e a transmitir a uma entidade reguladora
- Custo adicional devido ao impacto de alterações em decisões por parte da entidade reguladora
- Multas com base em decisões da entidade reguladora.

15. Conteúdo

- Custo em adquirir licenças de terceiros (donos do conteúdo em causa) para distribuição desse mesmo conteúdo.
- Inclui também outros pagamentos a terceiros.

3.2.3. Impostos

Segundo o sistema fiscal português, imposto é uma prestação pecuniária, de carácter definitivo e coactivo. É devido por quem demonstre capacidade contributiva a favor do Estado ou de instituições de poder público.

Os impostos são assim um tipo de financiamento que o sector público (governo) extrai do sector privado sob forma coerciva, como meio de contribuir para o financiamento geral da actividade pública. São sempre coercivos, uma vez que o sector público determina unilateralmente a quantidade a pagar e os agentes privados são obrigados a pagar sem contrapartida directa. A inexistência de contrapartida significa que quem mais paga impostos, não tem prioridade na utilização das estradas, das escolas, dos hospitais, dos tribunais, etc.

Em teoria, os recursos arrecadados pelo governo são revertidos para o bem comum para investimentos tais como infra-estruturas (estradas, portos, aeroportos, etc.) e custeio de bens e serviços públicos, como saúde, segurança e educação. No entanto, não há vinculação entre receitas de impostos e determinada finalidade - ao contrário do que ocorre com as taxas e a contribuição de melhoria, cujas receitas são vinculadas à prestação de determinado serviço ou realização de determinada obra. Embora a lei obrigue os governos a destinarem parcelas mínimas da arrecadação a certos serviços públicos - em especial de educação e saúde -, o pagamento de impostos não confere ao contribuinte qualquer garantia de contrapartida.

Os impostos não constituem a única forma de o Estado obter receitas. O Estado pode obter receitas para além dos impostos, de taxas e preços públicos, dividendos de empresas públicas, alugueres de propriedades públicas, receitas de privatizações, etc. O Estado pode ainda recorrer ao endividamento como forma de financiar a sua actividade. Apesar de existirem outras formas de financiamento, o financiamento pelos impostos é a principal fonte de receita estatal.

3.3. Receitas

As receitas e os lucros de qualquer operador – como é óbvio – dependem directamente do modelo e dos níveis de tarifas aplicados. Assim sendo, uma das primeiras formas de *marketing* são os tarifários de cada operador, que os ajudam a chegar aos seus objectivos principais: diminuir o período de recuperação ou aumentar o retorno de um investimento (maximizar lucros) e ganhar maior quota de mercado.

Outro objectivo das tarifas, este mais directamente relacionado com engenharia, é facilitar a operação, *design* e dimensionamento da rede.

Como definir a qualidade de serviço é uma questão importante. Como cobrar e definir diferentes classes de QoS pode ser perspectivado de várias formas.

O mecanismo de tarifas deve ser capaz de distinguir entre diferentes classes de QoS para diferentes preços e deve ir sempre no sentido de proteger as classes de QoS com maior garantia de qualidade. A ideia base será a de que há utilizadores que estão dispostos a pagar mais por uma melhor QoS, logo, ao introduzir classes de QoS, as tarifas podem aumentar significativamente. Há muitos pressupostos para distinguir estas classes de QoS, sendo que uma solução extrema é a de quando um operador apenas as associa a prioridades, deixando que o mercado decida como estas prioridades serão usadas.

De acordo com o ponto de vista da engenharia, as tarifas devem influenciar a utilização de recursos, para que seja possível implementar uma melhor partilha dos mesmos. Neste sentido, foi levada a cabo muita investigação nos últimos anos, de forma a conseguir criar um elo entre tarifas, controlo de fluxo e congestionamento, mas ainda não é claro que se consiga implementar algo do género com alguma eficiência.

Outro problema em redes com as classes de QoS é a caracterização de fontes de tráfego, uma vez que é claro que os utilizadores não conseguem fornecer uma estatística completa do seu tráfego. As tarifas podem ser assim um meio para incentivar os utilizadores a caracterizarem o tipo de serviço que utilizam: ao cobrar por tráfego em excesso e ao incluir recursos de reserva na tarifa, de forma a incentivar os utilizadores para que ajustem as reservas de acordo com o seu uso. Há assim bastantes soluções para este problema, sendo que uma delas, e a mais comum, é uma tarifa efectiva por largura de banda.

Assim sendo, um operador que considere a introdução de um novo serviço, terá que fazer várias escolhas, considerando as várias possibilidades de cobrar pelas diferentes modalidades em que vai disponibilizar este serviço. As características deste serviço têm forçosamente que ser tidas em conta e mesmo comparadas com as de outros serviços, para assim de alguma forma se conseguir facilitar uma escolha. Como o problema de escolher um tarifário “óptimo” é bastante complexo de resolver, usa-se uma abordagem mais pragmática. Um exemplo dessa abordagem é estabelecer uma série de critérios de avaliação, seleccionados de forma a conseguir cobrir os aspectos principais da instalação e aprovisionamento do serviço em causa. Para que tal abordagem seja eficiente, o critério em causa terá que ser o mais ortogonal possível, encontrando vários critérios o mais independentes possível, de forma a conseguir obter-se uma análise o mais poderosa possível, o que é preferível, quando comparada com uma longa lista de critérios dependentes entre si. De notar também que vários aspectos dependem bastante do tipo de implementação. Portanto, critérios nos quais a avaliação dependa do tipo de implementação, ou arquitecturas de implementação diferentes de um dado esquema, não deverão ser considerados nesta fase de estudo.

Com os aspectos considerados em mente, é proposta a seguinte lista de critérios: [Ref. 20]

- Critérios para o utilizador:
 - Justiça – Embora a frase “o utilizador tem aquilo que paga” esteja algo gasta, ela cobre os aspectos básicos de justiça, onde deverá haver uma correspondência entre recursos disponíveis e o quanto se paga por eles. Apesar de ser tentador definir outro tipo de justiça, tais melhorias poderiam levar a definições que muitos utilizadores considerariam injustas. Para evitar isto, a justiça do ponto de vista do utilizador é definida como recursos disponíveis e a cobrança desses mesmos recursos.
 - Previsibilidade – A previsibilidade depende do conhecimento. Para cobrir isto, consideram-se dois subcritérios de previsibilidade: previsibilidade considerando que não há conhecimento de necessidades futuras de serviço e previsibilidade considerando um conhecimento profundo das necessidades futuras;

- Auditabilidade – A auditabilidade será em alguns casos dependente do tipo de implementação, mas assume-se que a avaliação terá em conta que para certos tarifários, a implementação desta característica será proibitiva;
- Inteligibilidade – Alguns tarifários são mais fáceis de compreender do que outros. Este critério de avaliação é feito para cobrir as exigências de utilizadores que “caiem” em determinados tarifários por falta de informação. Para tornar este critério dependente da variável “facilidade de uso”, este pode ser definido como a complexidade computacional de chegar a um tarifário, tendo fornecido todos os dados necessários;
- Requisitos de pré declaração – Para activar um serviço, as suas especificações terão que ser declaradas. Se um dado serviço requer dados adicionais, pode ser classificado como algum tipo de pedágio colocado aos utilizadores na adesão a este mesmo serviço.
- Critérios relacionados com o fornecimento:
 - Compatibilidade de incentivos – Uma das principais preocupações para os operadores, será conseguir diferenciar entre serviços e segmentos de mercado. De forma a alcançar tais objectivos, os operadores necessitam de ferramentas económicas que permitam construir incentivos de utilização, compatíveis com os objectivos gerais. Outro termo que poderia cobrir este mesmo aspecto seria “poder de diferenciação”;
 - Generalidade – Se um dado tarifário pode ser usado em combinação com número de diferentes serviços;
 - Flexibilidade – Este requisito não é independente dos últimos dois, mas é considerado tão importante que merece ser especificado. Cobre as propriedades inerentes de um tarifário ao interligar diferentes cenários e fluxos monetários;
 - Facilidade de uso – O grosso dos aspectos fundamentais em manter o funcionamento de um dado serviço: manutenção da rede, *upgrades* e reconfigurações;
 - Investimento na infra-estrutura – Custos associados com a complexidade de determinados tarifários (exemplo: a necessidade de monitorização de dados, transferência, armazenamento e sincronização).

3.4. O Efeito do tempo no valor do dinheiro e dos bens

3.4.1. Taxa de Actualização

Nos cálculos de investimento, a taxa de actualização permite que se atinjam dois objectivos:

- Comparar os valores (receitas e despesas) com vencimentos em épocas diferentes;
- Exprimir a rentabilidade mínima desejada pelo investidor.

A taxa de actualização depende então unicamente das exigências mínimas do investidor, do ponto de vista da rentabilidade. Escolhida a taxa, daí resulta automaticamente uma selecção nos projectos de investimento, uma separação dos projectos exequíveis, daqueles que não o serão, do ponto de vista da rentabilidade.

A escolha da taxa de actualização faz então parte da decisão de investimento e afecta principalmente a decisão de investimento ou do não investimento, do ponto de vista da rentabilidade.

O cálculo da taxa de actualização tem em conta o modo de financiamento do investimento:

- Se o investimento é financiado por «capitais alheios», a taxa TA deve ser, sempre, superior à taxa de juro paga aos capitais alheios. A diferença ainda vai depender: da taxa interna de rentabilidade (TIR) desejada, e do risco do investimento.
- Se o investimento é financiado por capitais próprios, a taxa TA será pelo menos igual à taxa que o investidor poderá obter com um outro investimento de risco semelhante. Logo, a taxa de actualização tenderá para a taxa utilizada geralmente no sector em que se enquadra o investimento.
- Se o investimento é financiado simultaneamente por capitais próprios e alheios, é necessário considerar os factores mencionados anteriormente, nas suas relações quantitativas. Obtém-se assim uma taxa de actualização ponderada.

Supondo que o investimento é financiado por:

- Capitais próprios K_e , para os quais se aplica a taxa T_{Ae}
- Capitais alheios K_f , para os quais se emprega a taxa T_{Af}

Neste caso, a taxa de actualização TA obtém-se pela fórmula:

$$TA = \frac{K_e \times T_{Ae} + K_f \times T_{Af}}{K_e + K_f}$$

Equação 1

3.4.2. Amortizações

A amortização é a estimativa monetária do grau de “desgaste” ou depreciação a que o bem de capital foi sujeito num determinado período. [Ref. 17]

O investimento permite à entidade promotora do projecto proceder a amortizações, isto é, registar na contabilidade as reintegrações do activo fixo (perdas de valor) em função do tempo. Sob o ponto de vista económico, esta prática dá à empresa a possibilidade de reconstruir o montante de fundos iniciais, de modo a renovar o seu activo e conservar um potencial de produção adequado. Por sua vez, as amortizações não estão sujeitas a imposto fiscal. A amortização constitui um custo de exploração, mas não representa uma saída de dinheiro, isto é, reflecte o consumo do factor de produção (activo fixo).

Os activos circulantes, que podem ser constituídos por trespasses, licenças de utilização de software e despesas de investigação e desenvolvimento são amortizados pelo método das quotas constantes ou pelo método dos dígitos. Os trespasses decorrentes da aquisição de participações financeiras são amortizados a partir da data de aquisição, em período correspondente ao da recuperação esperada do investimento, que no máximo se situa em vinte anos. As restantes amortizações de activos circulantes são amortizadas num período determinado pela entidade com consentimento da Direcção Geral de contribuições e impostos.

Por seu turno, os activos fixos encontram-se registados ao custo de aquisição ou produção, reavaliado de acordo com as disposições legais, com base em coeficientes oficiais de desvalorização monetária, incluindo terrenos e recursos naturais, edifícios e outras construções, equipamento básico, equipamento de transporte, ferramentas e utensílios, equipamento administrativo, etc. As amortizações são calculadas, sobre o valor do custo histórico ou reavaliado, a partir do ano de entrada em funcionamento ou início de utilização dos bens, de acordo com o método das quotas constantes ou o método dos dígitos.

As taxas de amortização correspondem, em média, às vidas úteis estimadas. Na tabela seguinte podem ver-se, a título de exemplo, as vidas úteis estimadas pela Portugal Telecom, para activos fixos:

| | Anos de vida útil |
|--------------------------------|-------------------|
| Edifícios e outras construções | 20-50 |
| Equipamento básico | 4-20 |
| Equipamento de transporte | 4-8 |
| Ferramentas e utensílios | 4-10 |
| Equipamento administrativo | 3-10 |
| Outros activos fixos | 4-10 |

Tabela 1 - Intervalos de vida útil de activos fixos [Ref. 18]

3.5. Noção de Cash-Flow

O *cash-flow* provisional consiste, como aliás decorre do significado da própria expressão, nos fluxos de caixa (tesouraria) da entidade promotora do projecto, a ocorrer durante um determinado período de tempo; portanto, o *cash-flow* compreende os recebimentos (*cash inflows*) e os pagamentos (*cash outflows*) ao longo de um período de tempo definido, ou seja, se aos resultados ilíquidos, somarmos as amortizações, obtemos o *cash-flow* bruto do investimento.

No entanto, os resultados obtidos estão sujeitos a imposto sobre o rendimento, pelo que esta parcela é introduzida no cálculo do *cash-flow*.

Cálculo do *Cash-Flow* :

$$\text{Cash} - \text{Flow} = \text{Lucros Líquidos} - \text{Investimento}$$

Equação 2

em que:

$$\text{Lucros Líquidos} = \text{Receitas} - \text{Custos Correntes} - \text{Impostos}$$

Equação 3

e:

$$\text{Impostos} = \text{Taxa} \times (\text{Receitas} - \text{Custos Correntes} - \text{Depreciação})$$

Equação 4

Finalmente, é necessário ter em conta o investimento feito no projecto, que pode ser todo feito no início do projecto ou pode realizar-se ao longo dos anos iniciais do projecto, dependendo do próprio projecto de investimento.

A seguir, mostra-se um esquema de cálculo do *cash-flow*, de modo a resumir o que foi explicado até este ponto:

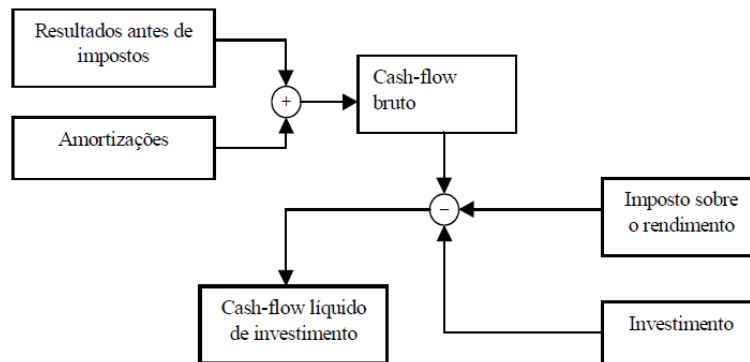


Figura 16 - Cálculo do Cash-Flow [Ref. 18]

Os *cash-flows* de um projecto de investimento são geralmente calculados sobre uma base anual, sendo este cálculo necessário para todos os anos de vida do projecto de investimento. Além disso, como um projecto tem consequências de uma certa durabilidade, é conveniente estabelecer cautelosamente o perfil de sobrevivência dos *cash-flows* no tempo.

Os movimentos de fundos resultantes de um investimento raramente são invariáveis, durante o período de vida de um equipamento ou de um produto. Frequentemente acontece que os primeiros *cash-flows* são negativos, como por exemplo, em casos de lançamento de novos produtos. Este escalonamento deve ser levado em consideração na avaliação e selecção de projectos, porque ele pode, por si só, modificar a sua classificação.

Relacionado com os *cash-flows*, podemos designar o *cash-balance* como a soma de todos os *cash-flows*. Este parâmetro é igualmente calculado anualmente.

A análise dos *cash-flows*, é um método muito usado no estudo da viabilidade de projectos de investimento, e para comparar diferentes alternativas tecnológicas. Na análise dos *cash-flows*, é muitas vezes usada uma abordagem incremental (apenas os custos directamente relacionados com o projecto a avaliar, são levados em conta). Os custos gerais (como um projecto irá contribuir para cobrir as despesas gerais da empresa) não fazem geralmente parte de uma análise de *cash-flow*.

A Figura 15 descreve o modelo de negócios de um típico operador de telecomunicações. Para fornecedores de serviços, a arquitectura e os investimentos são bastante menos importantes e os custos de manutenção e operação (*OPEX*) representam a maior fatia das suas despesas.

A análise tecno-económica terá que ter em consideração os objectivos a alcançar (em termos de procura de serviços, vendas ou clientes alvo), as actividades associadas ao projecto, a arquitectura de rede e os recursos necessários, as despesas planeadas (*CAPEX* e *OPEX*), e outros custos que não estejam directamente associados à actividade.

Os parâmetros de entrada para uma análise de *cash-flow* são:

- Receitas (provenientes essencialmente do número de clientes e tarifas);
- *OA&M / OPEX*;
- Investimentos / *CAPEX*.

Os parâmetros incluem o *Cash-Flow* (CF), o período de recuperação, o Cash-Flow acumulado, o VAL (Valor Actual Líquido) e a TIR (Taxa Interna de Rentabilidade). Pode eventualmente ser necessário considerar o *IFC* (*Installed first costs*), que representam a soma actualizada de todos os investimentos, ou o *LCC* (*Life cycle costs*), que representa a soma actualizada do *CAPEX* e *OPEX*.

Há, no entanto, muitos parâmetros importantes numa análise de *cash-flow*, de entre os quais não é fácil encontrar um consenso e que diferem de operador para operador. Dentro destes parâmetros podemos citar a escolha da taxa de actualização e o período de estudo, arredondamentos e uso de valores residuais, etc.

3.6. Principais critérios de análise de projectos de investimento

Os critérios de análise de um investimento são métodos de tratamento de informação sobre parâmetros de avaliação do projecto que têm como finalidade permitir analisar o interesse económico, em termos absolutos, de um projecto, ou comparar em termos relativos vários projectos. Os critérios mais utilizados são:

- Tempo de recuperação do capital;
- Valor actual líquido;
- Taxa interna de rentabilidade.

3.6.1. VAL (Valor Actual Líquido)

O VAL é possivelmente, o critério mais importante para a decisão de se implementar um projecto, pois fornece o total dos fundos necessários para a sua realização.

A determinação do VAL de um projecto requer as seguintes etapas:

- Fixação da taxa de actualização.
- Determinação do capital investido (se o projecto necessitar de várias despesas de capital durante vários anos, é necessário actualizar essas saídas de fundos para o período zero).

Cada *cash-flow* anual é multiplicado pelo valor actual correspondente $(1+TA)^{-p}$, onde p representa o ano do projecto de investimento. A soma dos *cash-flows* actualizados representa o valor actual do *cash-flow* de investimento e a diferença com o custo (investimento) é o valor actual líquido.

Este critério traduz-se no cálculo do somatório dos *cash-flows* anuais, actualizados à taxa escolhida, e deduzidos do montante, actualizado à mesma taxa dos investimentos. O resultado deste procedimento denomina-se benefício total actualizado, ou, na terminologia inglesa *Net Present Value*. [Ref. 19] Assim, o valor actual diz qual o valor no momento presente, de uma receita ou despesa realizada no futuro.

A preços constantes, a soma total dos *cash-flows*, mais conhecida por valor actual líquido (VAL), actualizado à taxa anual TA e correspondente a n parcelas (n anos de duração do projecto de investimento) de despesa D_p e receita R_p (com p variando de 1 a n), ocorrendo desfasadas p (anos) do instante de referência, é dado por:

$$VAL = \sum_{p=1}^n \frac{R_p - D_p}{(1 + TA)^p} - I$$

Equação 5

Só os custos, proveitos e os investimentos devem considerar-se no cálculo do valor actual líquido, o que exclui as amortizações.

3.6.2. TIR (Taxa Interna de Rentabilidade)

Este critério é normalmente usado quando se desconhecem as condições específicas de financiamento (quanto a juros variáveis) e quando entre várias alternativas de projectos de investimento os mesmos apresentam níveis e vidas úteis diferentes. Visa-se desta forma determinar a taxa de juro de actualização que permite igualar o somatório dos *cash-flows* ao somatório dos investimentos, ou seja, o valor i que torna o VAL nulo.

A taxa de actualização assim determinada (taxa interna de rentabilidade) poderá ser comparada, por um lado com a taxa de juro de financiamento do próprio projecto (se for conhecida), de modo a mostrar se este é suficientemente rendível para cobrir os capitais (próprios e alheios). [Ref. 19]

Podemos dizer que a TIR é a taxa mais elevada a que o investidor pode contrair um empréstimo para financiar um investimento sem perder dinheiro. No entanto, e de um modo mais intuitivo, pode afirmar-se que a taxa interna de rentabilidade é a taxa de juro de um projecto de investimento.

O critério de decisão com base na TIR consiste na implementação do projecto sempre que a TIR respectiva seja superior à taxa de actualização.

A regra de decisão, em termos absolutos é a de escolher os projectos cuja TIR seja superior ao custo de capital. Em termos genéricos, o melhor projecto é aquele que apresentar uma TIR mais elevada.

3.6.3. Período de Recuperação (*Payback Period*)

Os projectos de investimento têm, normalmente no início, um período em que as despesas são superiores aos proveitos, resultando num *cash-flow* negativo, o qual é seguido por uma estabilização das despesas a um nível baixo relativamente aos proveitos o que tem como consequência a passagem do *cash-flow* de negativo para positivo. O período de tempo que decorre até que os *cash-flows* sejam positivos designa-se por período de recuperação.

O cálculo correcto do período de recuperação implica a actualização dos *cash-flows*. Assim, é obvio que serão claramente inaceitáveis, em termos absolutos, aqueles projectos em que o tempo de recuperação é igual ou superior ao período de vida útil do projecto definido anteriormente.

De uma forma sucinta, o cálculo do período de recuperação, consiste em ir fazendo o somatório cronológico das receitas e despesas, de investimento e de exploração do projecto, até ao momento em que elas se igualem, ou seja, até ao momento em que o saldo acumulado de exploração iguale as despesas de investimento.

No entanto, este método de avaliação de projectos de investimentos não é muito utilizado. Apesar de o seu cálculo ser simples, não tem em conta o que se passa após o período de recuperação nem permite aferir sobre a rentabilidade do projecto.

Existem ainda outros indicadores que poderão ajudar na escolha ou decisão de investir ou não num determinado projecto, mediante a sua análise.

A determinação do ponto crítico, por exemplo, é importante por ajudar a ajuizar da flexibilidade de um projecto. Um projecto com um ponto crítico baixo assegura ao seu promotor maior segurança perante a incerteza do mercado.

Assim, podemos definir o ponto crítico como o nível mínimo de capacidade, ou volume de produção, ou seja, o ponto de capacidade a partir do qual o projecto se torna lucrativo. [Ref. 13]

3.7. Principais indicadores económicos para avaliação de empresas

3.7.1. EBITDA

O EBITDA (*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortisation*) é um dos financeiros mais utilizados para caracterizar o desempenho económico de uma empresa. É calculado como a receita que resta após às receitas totais terem sido subtraídos os custos directos, antes no entanto de serem deduzidos impostos, depreciações e amortizações. O EBITDA é também referido como *operating cash* uma vez que representa aquilo que o negócio em causa é capaz de gerar.

Contudo, o EBITDA não apresenta as receitas de caixa (cash earnings – receitas menos despesas, excluindo os custos de depreciação) de uma empresa. É assim uma boa métrica para avaliar a rentabilidade mas não para avaliar o *cash-flow*. Recentemente tem vindo a ser citado por muitas indústrias, especialmente tecnológicas, mesmo não sendo legítimo.

O EBITDA tem como principais vantagens o facto de poder ser usado para analisar a rentabilidade de empresas e indústrias, uma vez que elimina os efeitos das decisões financeiras e contabilísticas. Pode ainda fornecer uma comparação relativamente boa entre os desempenhos financeiros de diferentes empresas numa dada indústria. Por exemplo, se o EBITDA for calculado como uma percentagem das vendas (quanto maior for esta relação, maior será a rentabilidade), pode assim ser usado para encontrar empresas que sejam operacionalmente mais eficientes numa dada indústria.

Em contrapartida, o *EBITDA* é uma boa métrica para a rentabilidade mas não para o *cash-flow*, uma vez que, caso os investidores não incluam as alterações de capital circulante nas suas análises e confiarem somente no *EBITDA*, poderão perder pistas sobre o facto de a empresa estar ou não a perder dinheiro (por exemplo, se a empresa tiver grandes stocks e não os conseguir escoar, não está a gerar dinheiro). Desta forma, O *cash-flow* operacional é uma medida melhor para determinar quanto dinheiro é que uma empresa está a gerar, dado que, não adiciona despesas que não sejam “cash” (depreciações e amortizações) às receitas líquidas, e além disso

contempla as alterações no capital circulante que também usa/providencia “dinheiro vivo” (tais como, as alterações nos recebimentos, pagamentos e inventários).

Além disso, o *EBITDA* negligencia também variações nos métodos contabilísticos, “dinheiro vivo” necessário para despesas de capital circulante, pagamentos de débitos e outras despesas fixas, assim como o próprio *CAPEX*.

O *EBITDA* é portanto uma boa métrica para avaliar as tendências de lucro nucleares, mas não a liquidez, podendo ser usado para avaliar o potencial de lucro entre empresas e indústrias. Contudo, não deve substituir a medida do *cash-flow*, que inclui um factor bastante significativo – o capital circulante. O “dinheiro vivo” é que mostra a verdadeira rendibilidade e a capacidade operacional de uma empresa.

3.7.2. ARPU

O *Average Return Per User (ARPU)* tem sido um indicador extremamente poderoso e útil nos dias de hoje, uma vez que indica o quão bem, uma empresa de telecomunicações está a conseguir aceder ao potencial de retorno de cada um dos seus clientes. Calcula-se dividindo o total de rendimentos obtidos no período de tempo considerado, pelo número total de clientes activos na empresa.

O *ARPU* pode ser calculado para diferentes períodos de tempo e/ou diferentes segmentos de mercado da empresa, como por exemplo o *ARPU* para um dado serviço ou tarifário.

O *ARPU* pode também ser usado em qualquer empresa, mas é geralmente mais utilizado em empresas de telecomunicações, uma vez que permite valorizar a empresa, mostrando o seu total de clientes e a sua “qualidade”, ou seja, se contribuem com dinheiro ou não para a empresa, e em que quantidades o fazem. No caso das empresas de telecomunicações móveis, apesar de apresentarem um número de clientes bastante elevado, estes mal contribuem com rendimentos, uma vez que apenas usam os seus telemóveis para recepcionar telefonemas. Assim sendo, um *ARPU* elevado indica que existe uma elevada quantidade de clientes a realizar despesa, e vice-versa.

O *ARPU* é um indicador fundamental aquando da tomada de decisões, especialmente decisões comerciais para adoptar estratégias que coadunem na optimização de recursos e rentabilidade da empresa, ou seja, é um indicador do rumo que a empresa deverá tomar, indicando os ajustes necessários a fazer.

3.7.3. AMPU

O *Average Margin per User (AMPU)* é um indicador que está relacionado com o *ARPU*, ainda que menos utilizado e que se refere à margem ou contribuição de cada cliente, ou seja, a diferença entre aquilo que o cliente custa à empresa e as receitas que lhe proporciona. O *AMPU* pode ser positivo ou negativo, e quanto mais positivo, maior será o lucro. No entanto, a chave para aumentar o *AMPU* encontra-se em compreender os custos de fornecimento de determinado tipo de serviços. O *AMPU* pode ser afectado por uma longa lista de elementos de custo, que podem ser por exemplo a robustez da rede e a sua área de cobertura, a flexibilidade dos tarifários, serviço de atendimento aos clientes e apoio técnico, interoperabilidade entre redes, *roaming* (no caso de redes móveis) etc.

Um elemento a considerar quando se aplica este indicador, são as condições de análise, uma vez que este indicador apenas apresenta relevância se todo o universo de clientes apresentar condições homogéneas (por exemplo, o tipo de serviço que utilizam). Se estas condições não forem respeitadas, o *ARPU* distorce-se de maneira proporcional ao critério desfasado.

No entanto, o *AMPU* é bastante mais valorizado que o *ARPU*. Um estudo recente, intitulado "*AMPU not ARPU: A Better metric for the wireless industry*", chega mesmo a afirmar que o *ARPU* acaba por ser bastante ineficiente e que as empresas que apenas considerarem este indicador poderão estar a limitar seriamente os seus lucros.

4. Ferramentas de Cálculo

Inicialmente optou-se por consultar algumas das ferramentas de análise tecno-económica mais conhecidas, por forma a compreender os seus defeitos e virtudes, para que assim se conseguissem criar ferramentas que conseguissem combinar o melhor das ferramentas analisadas anteriormente. As ferramentas analisadas foram a ferramenta TONIC e a ferramenta SIMCom e tanto as suas vantagens, como desvantagens (que levaram à criação de duas novas ferramentas) encontram-se descritas nos pontos seguintes.

4.1.1. TONIC Tool

A ferramenta de análise tecno-económica TONIC resultou do esforço de uma sequência de vários projectos financiados pela Comunidade Europeia ao longo de cerca de uma década (SYNTHESIS, OPTIMUM, TITAN, TERA, TONIC [Ref. 21] [Ref. 22]). A Universidade de Aveiro participou nestes projectos e no esforço de desenvolvimento destes projectos através do Grupo de Sistemas de Banda Larga.

Os ambientes de desenvolvimento do TONIC foram variando ao longo do tempo e incluíram antigas versões dos sistemas operativos *Microsoft Windows* e do *Apple Macintosh*. [Ref. 23] Como consequência desta heterogeneidade de ambientes de desenvolvimento e de, a partir de 2001, a ferramenta não ter sido objecto de transposição para outros ambientes, deixou de ser possível fazer a sua utilização em sistemas operativos mais recentes do que o *Microsoft Windows 98* e em versões da aplicação *Microsoft Office Excel* posteriores a 1995.

Apesar de bastante poderosa e completa, esta ferramenta não permite simular concorrência entre diversos operadores, sendo ainda uma caixa preta, não possibilitando assim o acesso, nem tão pouco a alteração de um conjunto importante de parâmetros.

4.1.2. SIMCom

O principal objectivo da ferramenta SIMCom é familiarizar os participantes com o estado actual do mercado das telecomunicações, focando-se principalmente num negócio orientado para a forma de pensar dos clientes alvo. O propósito desta ferramenta é espelhar – não prever – eventos e fenómenos no mercado das telecomunicações.

O objectivo de cada equipa é colocar preços e promoções em vários tipos de serviços de telecomunicações, bem como efectuar os necessários investimentos na infra-estrutura. Também a pesquisa e desenvolvimento (R&D) desempenham um papel importante no modelo da ferramenta SIMCom.

Cada empresa (equipa) oferece os seus serviços a um conjunto de clientes residenciais e empresariais. Aos clientes residenciais são oferecidos três tipos de serviço:

- Chamadas na rede fixa;
- Chamadas e serviços da rede móvel;
- Ligação à internet.

Aos clientes empresariais são oferecidos os seguintes serviços:

- Chamadas na rede fixa;
- Chamadas e serviços na rede móvel;
- Serviços de dados na rede móvel.

Os clientes móveis dividem-se em dois segmentos, *cross-country* e *half-pipers*. Os *half-pipers* podem ser considerados como *beta testers* no que respeita a novos produtos e serviços.

O sucesso da empresa criada no SIMCom é avaliado depois de cada ronda, através do seu valor de mercado. Este valor de mercado é baseado na capacidade da empresa de gerar lucro e também numa perspectiva futura, perspectiva esta que depende da base de dados de clientes que a empresa tem, bem como do seu investimento em pesquisa, desenvolvimento e *marketing*.

Ao contrário da ferramenta *TONIC*, esta ferramenta possibilita simular a concorrência entre diversos operadores. Contudo, mantém-se a impossibilidade de cada utilizador conseguir ter um controlo total sobre todos os parâmetros que a constituem. No entanto, a maior falha desta ferramenta é não permitir trabalhar directamente com uma ou outra tecnologia, o que se torna fundamental para uma análise tecno-económica ser rigorosa.

Este capítulo apresenta as ferramentas e metodologias de análise tecno-económica de redes de telecomunicações que foram aplicadas a um conjunto seleccionado de casos de estudo.

O núcleo base das ferramentas aqui apresentadas resulta de um conjunto inicial de ferramentas e conceitos já anteriormente utilizados [Ref. 7] mas que agora foi objecto de adaptação e extensão nos seguintes aspectos:

- Procurou-se melhorar a qualidade didáctica da ferramenta básica de análise económica (cálculos de CAPEX, OPEX, CASHBALANCE, PAYBACK PERIOD, NPV e IIR)
- Procurou melhorar-se a interoperabilidade entre a ferramenta básica de análise económica e as ferramentas de dimensionamento das redes.

- Para o caso das ferramentas de simulação de mercados com mais do que um operador, procurou-se melhorar a compreensão acerca da composição dos vectores de qualidade e dos coeficientes de elasticidade.

4.2. Ferramenta de cálculo para cenários com 1 Operador

A ferramenta de cálculo para cenários onde se considera em que apenas um operador está presente, trata-se de uma ferramenta que permite o dimensionamento de uma rede de forma bastante simples, dividindo-a em três segmentos, tendo cada segmento um rácio e custo associados.

A janela mercado é uma das janelas iniciais desta ferramenta, onde se introduzem os parâmetros da curva logística que irá moldar o crescimento de mercado na zona a analisar. Aqui são introduzidas as taxas de penetração inicial e final (taxa de saturação), os parâmetros (A e K , ou α e β) que controlam a velocidade de aumento desta curva logística e por último a dimensão do mercado, em termos de potenciais utilizadores.

A penetração dos serviços no mercado depende da taxa de penetração inicial (ano 0 do projecto) e da taxa de saturação. As taxas de penetração em cada ano são calculadas pela seguinte fórmula [Ref.7]:

$$P_t = P_i + (P_f - P_i) \frac{1}{1 + Ke^{-At}} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

- P_i – Taxa de penetração inicial;
- P_f – Taxa de penetração final;
- K – parâmetro de controlo do momento de arranque do mercado;
- A – parâmetro de controlo da velocidade de arranque do mercado.

Ou, pela fórmula:

$$\text{Penetração Inicial} + \frac{(\text{Penetração Final} - \text{Penetração Inicial})}{1 + e^{\alpha + \beta \text{Ano}}} \quad \text{Equação 7}$$

Onde vem que *Ano*, é o ano do projecto e α e β são as constantes que controlam a velocidade de aumento da curva logística.

A figura seguinte apresenta a janela *Mercado* na qual são considerados 3 cenários diferentes, fruto da variação dos parâmetros da curva logística analisada, e um gráfico que demonstra o impacto da variação destes parâmetros na velocidade de aumento da curva logística.

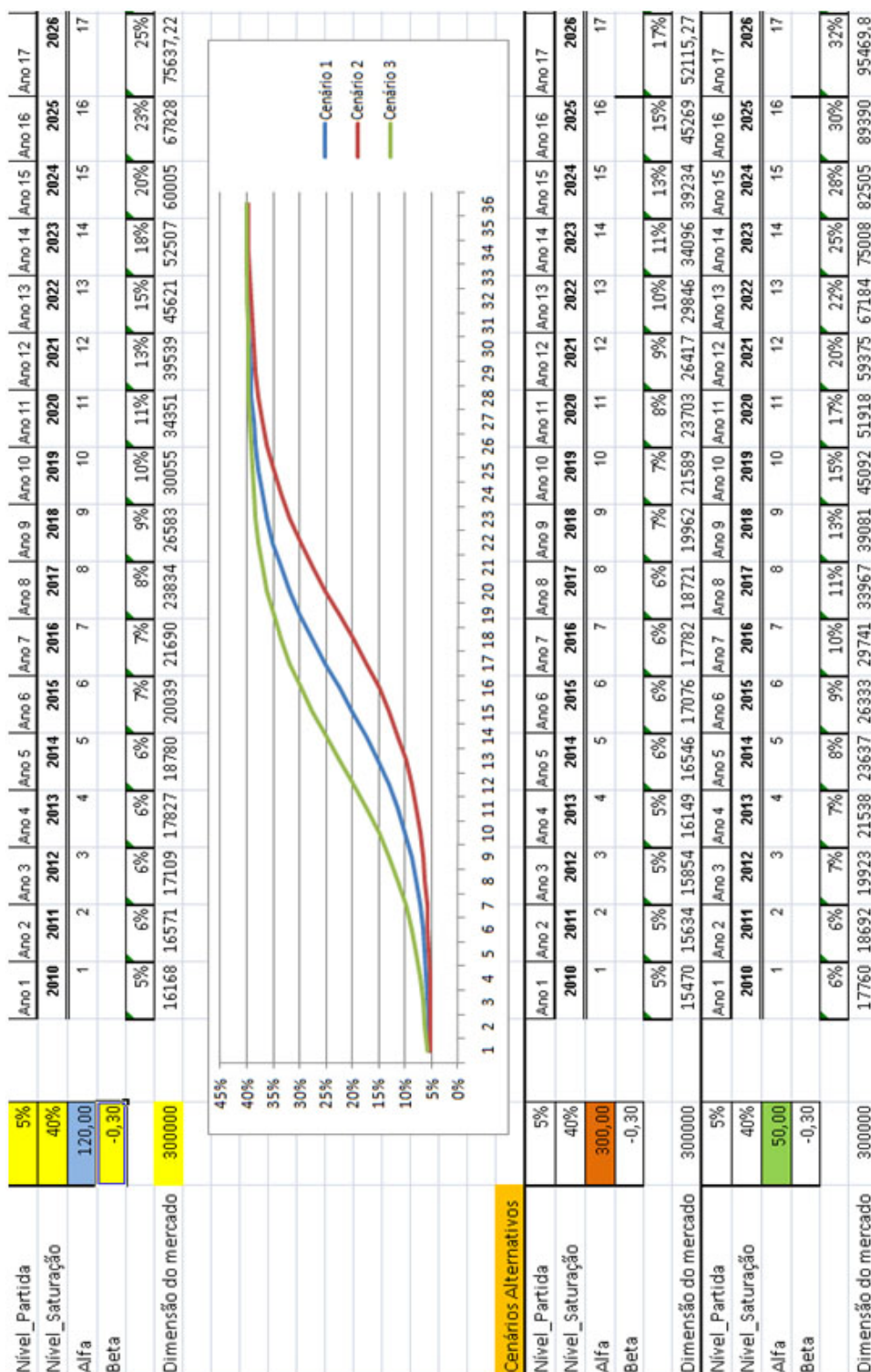
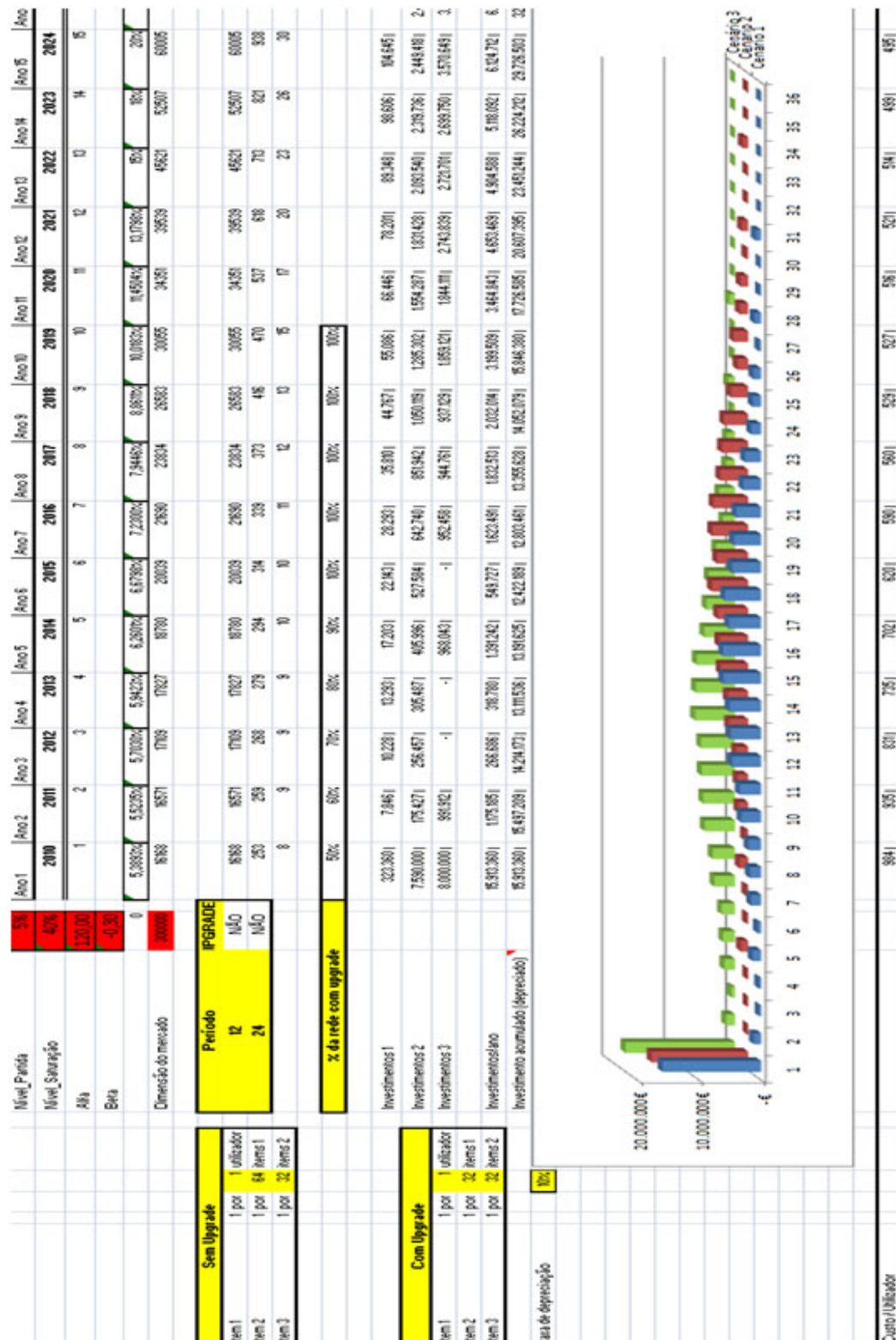


Figura 17- Folha *Mercado* da Ferramenta de cálculo para cenários com 1 Operador

A Figura 18 mostra a folha CAPEX da ferramenta de cálculo. Nesta folha estão discriminados os investimentos anuais na infra-estrutura, para cada um dos cenários considerados na folha Mercado.



Nesta folha de cálculo é possível observar o *CAPEX* para os diferentes cenários inseridos na janela mercado, bem como definir os rácios dos 3 itens que constituem a rede. É também nesta folha que o utilizador, caso assim o deseje, pode decidir em que instante (12 ou 24) quer investir na sua infra-estrutura e de que forma o pretende fazer – se de uma forma faseada ou não. Nesta folha de cálculo, é ainda possível saber o custo por utilizador, ao longo das várias unidades de tempo que constituem o projecto, bem como a respectiva taxa de depreciação.

A Figura 19 apresenta a folha de cálculo OPEX. Nesta folha são definidos os parâmetros de cálculo dos custos operacionais do projecto, que nesta ferramenta representam uma percentagem do valor do *CAPEX acumulado* e uma quantia por cada utilizador, ambos definidos pelo utilizador.

| Nível_Parâmetro | 1% | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | Ano 6 | Ano 7 | Ano 8 | Ano 9 | Ano 10 | Ano 11 | Ano 12 | Ano 13 | Ano 14 |
|-----------------------------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Nível_Satuação | 4% | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Alfa | 120,00 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Beta | 0,50 | | | | | | | | | | | | | | |
| Dimensão do mercado | 0 | 0 | 5% | 6% | 6% | 6% | 6% | 7% | 7% | 8% | 8% | 10% | 11% | 13% | 15% |
| | 36500 | 16168 | 16571 | 17109 | 17627 | 18780 | 20039 | 21690 | 23634 | 26583 | 30055 | 34551 | 39539 | 45621 | 52507 |
| Item 1 | 1 | 16168 | 16571 | 17109 | 17627 | 18780 | 20039 | 21690 | 23634 | 26583 | 30055 | 34551 | 39539 | 45621 | 52507 |
| OPEX/s*CAPEX Acumulado*Utilizador | | | | | | | | | | | | | | | |
| %Capex | 5% | | | | | | | | | | | | | | |
| Utilizador | 120,00 € | | | | | | | | | | | | | | |
| OPEX | | 2.735.827 € | 2.803.105 € | 2.840.317 € | 2.903.049 € | 3.040.829 € | 3.187.647 € | 3.427.764 € | 3.735.384 € | 4.123.135 € | 4.653.073 € | 5.289.550 € | 6.066.419 € | 6.994.354 € | 8.000.610 € |

Figura 19 – Folha OPEX da Ferramenta de cálculo para cenários com 1 Operador

Na folha de cálculo receitas, ilustrada na Figura 20 é possível verificar a evolução das receitas do projecto, ao longo do seu tempo de vida. O utilizador pode nesta folha definir o montante que desejar, bem como a sua erosão.

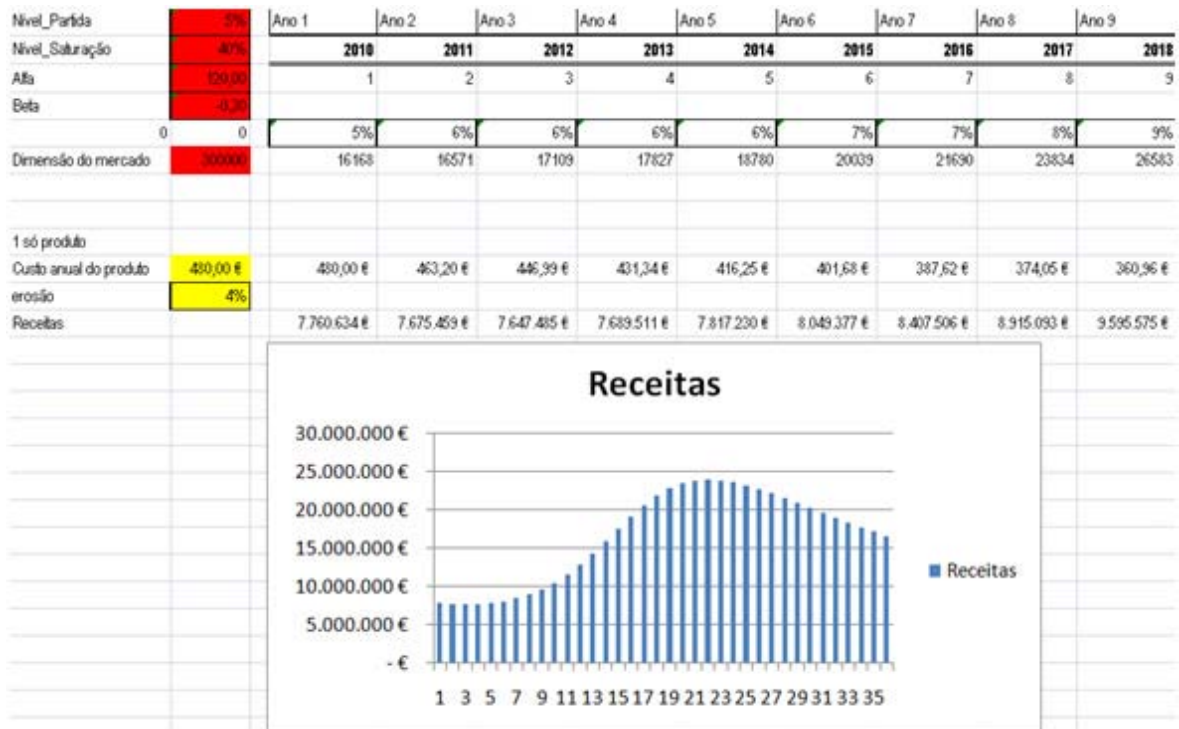


Figura 20 – Folha Receitas da Ferramenta de cálculo para cenários com 1 Operador

Da mesma forma que se considera que as tarifas sofrem erosão ao longo do tempo, também é legítimo considerar que o preço dos equipamentos é igualmente afectado. No entanto, esta erosão não se verifica sempre da mesma forma, dependendo de diversos factores. Em vários projectos Europeus (*ACTS: OPTIMUM, TERA; IST: TONIC*), usou-se um modelo de curva de aprendizagem estendida [Ref. 8], onde a curva de aprendizagem *standard* (em que o preço varia com o volume produzido) foi integrada com uma curva logística que descreve o crescimento do volume de produção. A curva de aprendizagem estendida, que nos dá o preço de um determinado componente em função do tempo, é então dada por:

$$P(t) = P(0) \left[n_r(0) \left(1 + \exp \left\{ \ln \left[\frac{1 - n_r(0)}{n_r(0)} \right] - \left[\frac{2 \ln(9)}{\Delta t} \right] t \right\} \right)^{-\ln(k)/\ln(2)} \right] \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

- $P(0)$ é o preço no ano de referência ($t=0$);
- K é o parâmetro da curva de aprendizagem que descreve o custo como função do volume de equipamentos produzidos. Este volume é muitas vezes empírico, para uma dada tecnologia (ex: componentes ópticos passivos, ponto-a-ponto, rádio etc.);
- Δt , representa o tempo que o volume acumulado de produção leva a chegar de 10 a 90% do volume total de produção (volume de saturação);

- $N_r(0)$, é o volume de produção acumulado no zero (para $t=0$), relativo ao volume de saturação.

O coeficiente K tem especial impacto na evolução dos preços. Assim, quando $K=0.7$, obtemos uma redução do preço em 30% $(1-K)$, quando o volume de produção duplica. Dada a importância dos parâmetros K , Δt e $N_r(0)$, o equipamento foi dividido em classes, classes essas descritas nas tabelas que se seguem.

| Classe da Curva de Aprendizagem | Valor de K |
|---------------------------------|--------------|
| Construção Civil | 1 |
| Cabos de Cobre | 1 |
| Electrónica | 0.8 |
| Cabos de Fibra | 0.9 |
| Componentes Ópticos Avançados | 0.7 |
| Componentes Ópticos Passivos | 0.8 |

Tabela 2 – Classes da curva de aprendizagem e valores de K

| Classe de volume | $n_r(0)$ | Δt |
|------------------------|----------|------------|
| Velha, rápida | 0.5 | 5 |
| Madura, rápida | 0.1 | 5 |
| Nova, rápida | 0.01 | 5 |
| Velha, média | 0.5 | 10 |
| Madura, média | 0.1 | 10 |
| Nova, média | 0.01 | 10 |
| Velha, muito lenta | 0.5 | 40 |
| Velha, lenta | 0.5 | 20 |
| Nova, muito lenta | 0.01 | 40 |
| Nova, lenta | 0.01 | 20 |
| Emergente, muito lenta | 0.001 | 40 |
| Emergente, lenta | 0.001 | 20 |
| Emergente, média | 0.001 | 10 |
| Emergente, rápida | 0.001 | 5 |

Tabela 3 – Parâmetros de produção em volume de equipamentos

A Figura 21 demonstra a utilização desta curva de aprendizagem na ferramenta de cálculo. Nesta folha são introduzidos os preços de cada componente no ano zero, bem como a classe a que correspondem. Devido ao facto de haver grandes diferenças nos preços dos diferentes itens, o gráfico que ilustra o decaimento dos preços destes mesmos itens ao longo do tempo, encontra-se em escala logarítmica.

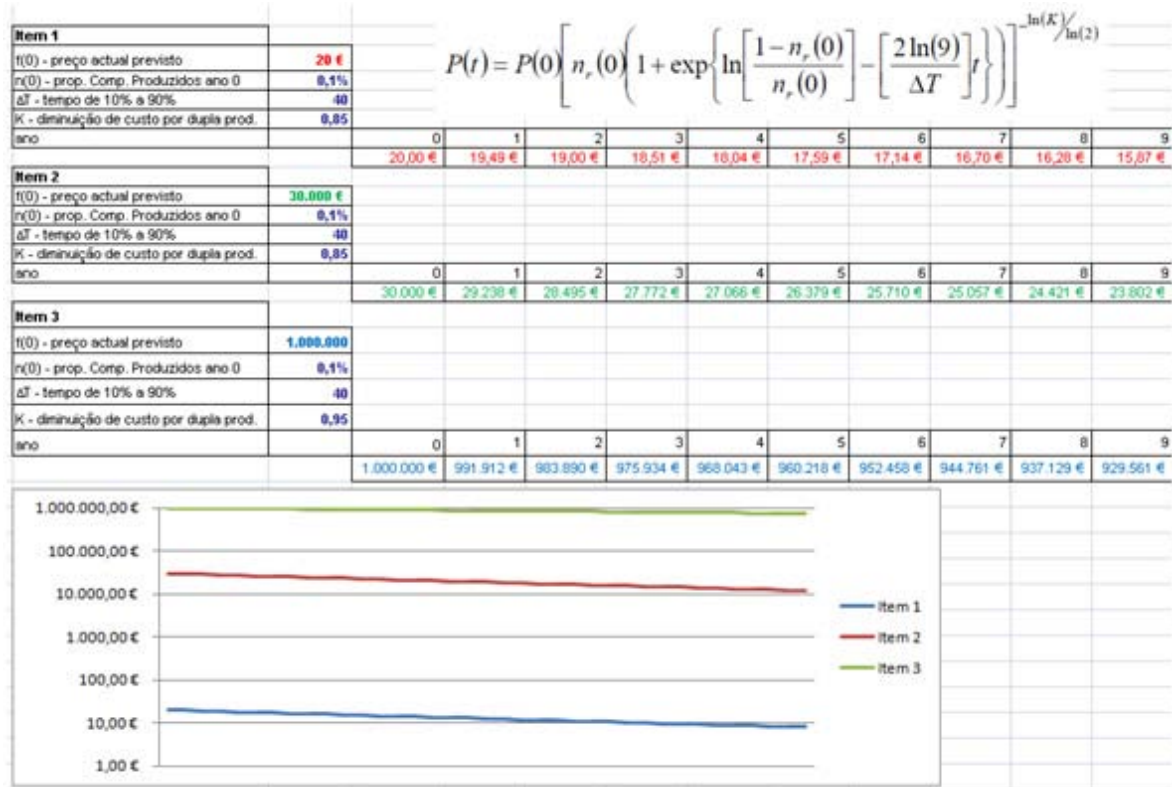


Figura 21 – Folha *Evolução de preços*, da Ferramenta de cálculo para cenários com 1 Operador

Por último, a Figura 22 revela a folha resultados que nos apresenta um resumo de todos os indicadores económicos importantes no projecto. Na parte superior é apresentada uma tabela com o CAPEX, OPEX e receitas anuais, sendo depois feito um fluxo líquido e por último o balanço do projecto. É ainda apresentado um gráfico com a evolução destes valores ao longo do tempo de vida do projecto. Na parte inferior da mesma tabela, é indicada a taxa de juro (que pode ser alterada para o valor que o utilizador achar adequado), o valor actual líquido do projecto, bem como a sua taxa interna de rentabilidade e o seu período de recuperação.

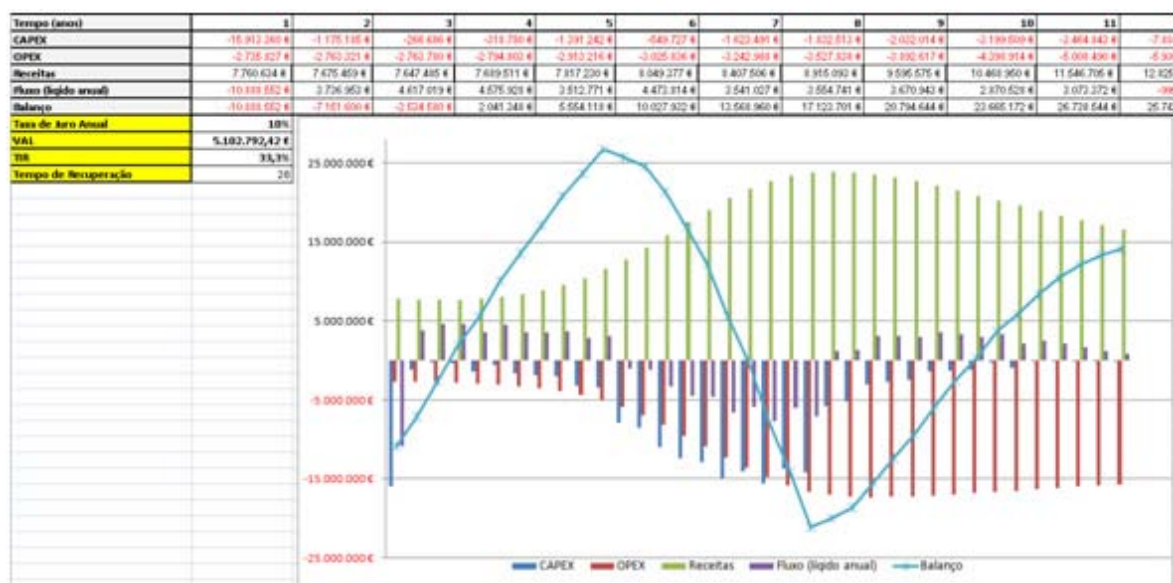


Figura 22 – Folha Resultados da Ferramenta de cálculo para cenários com 1 Operador

4.3. Ferramenta de cálculo para cenários com vários Operadores

Até aqui, todo o trabalho de modelos de curvas logísticas de adopção / abandono de uma tecnologia considerava a totalidade de mercado, não dando ênfase portanto ao facto de existir geralmente mais do que um operador a comercializar o mesmo produto. Torna-se então importante, analisar a hipótese de existirem cenários em que vários operadores lutam entre si pela preferência de possíveis clientes, utilizando para isso diferentes estratégias.

Esta secção visa analisar situações deste género, em que se considera um mercado alvo com vários operadores que competem entre si. Neste processo, em que há uma “luta” constante pela preferência dos utilizadores, e em que cada operador procura conquistá-los aos seus concorrentes, o sistema em causa funciona como um sistema dinâmico. [Ref. 7]

4.3.1. Sistemas dinâmicos

Para ilustrar a abordagem utilizada [Ref. 28] vai-se considerar um mercado com vários operadores.

Todos os operadores oferecem o mesmo serviço, porém todos com níveis de qualidade diferente. Estes valores de qualidade de momento são aqui utilizados apenas em abstracto, mas à frente serão associados através de um *vector de qualidade* a determinado conjunto de parâmetros.

Definindo então como **Q** a variável qualidade de cada operador, temos que quando cada um avalia a sua situação, ele irá decerto querer comparar a qualidade do seu serviço, com a qualidade média do mercado, podendo esta ser definida como [Ref.28]:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{n=a}^c Q_n \times M_n}{\sum_{n=a}^c M_n} \quad \text{Equação 9}$$

O que por exemplo para a situação particular de existirem três operadores se traduz em:

$$\bar{Q} = \frac{Q_A \times M_A + Q_B \times M_B + Q_C \times M_C}{M_A + M_B + M_C} \quad \text{Equação 10}$$

A qualidade relativa de cada operador em relação à totalidade de mercado, poderá então ser dada por:

$$QR_A = \frac{Q_A}{\bar{Q}} \quad \text{Equação 11}$$

$$QR_B = \frac{Q_B}{\bar{Q}}$$

$$QR_C = \frac{Q_C}{\bar{Q}}$$

Se definirmos a elasticidade de qualidade, como o crescimento percentual de mercado, dividido pelo crescimento percentual de qualidade [Ref. 28], e para o exemplo em estudo considerarmos uma elasticidade de 1, temos que:

$$E_Q \equiv \frac{dM}{dQ} = 1 \quad \text{Equação 12}$$

Obtido este valor da elasticidade, podemos então calcular as mudanças de mercado, dadas por:

$$dM_A = E_Q \times (QR_A - 1) \quad \text{Equação 13}$$

$$dM_B = E_Q \times (QR_B - 1)$$

$$dM_C = E_Q \times (QR_C - 1)$$

É de extrema importância referir, que sendo a elasticidade definida em percentagem, estes valores também se encontram em percentagem, representando assim um aumento ou diminuição de x% de utilizadores.

Finalmente, temos as três equações dinâmicas de mercado, uma para cada operador, que são então dadas por:

$$M_A(t) = M_A(t-1) + dM_A(t-1)$$

Equação 14

$$M_B(t) = M_B(t-1) + dM_B(t-1)$$

$$M_C(t) = M_C(t-1) + dM_C(t-1)$$

Pudemos assim ver que o factor concorrência poderá ser bastante importante numa análise de mercado, e que cada operador procura quase diariamente, numa luta muito renhida, “roubar” utilizadores aos seus concorrentes, tirando daí todas as vantagens. Cabe a cada operador tentar fazer este processo da melhor maneira, melhorando a qualidade do seu serviço, não só a nível técnico, mas também a nível económico, tomando medidas que passam desde a inclusão de um maior leque de ofertas no pacote do seu serviço, até à diminuição das diversas tarifas que aplica aos seus clientes, tornando-se assim mais atractivo a novos clientes, evitando também que os seus clientes (actuais e antigos) se sintam tentados a mudar de operador.

4.3.2. Definição de um vector Qualidade

No exemplo anterior, foi definido um parâmetro qualidade para cada operador. Seria interessante definir um conjunto de parâmetros, que devidamente ponderados, poderão dar origem ao valor final do factor Qualidade. Estes parâmetros seriam, por exemplo o número de serviços oferecidos pelo operador em causa, bem como a largura de banda (de *upload* e de *download*) disponibilizada, a taxa de contenção oferecida e por último um parâmetro que definisse a sobrecarga da rede.

Seria interessante agora criar um vector, onde estes parâmetros pudessem ser relacionados e ponderados. A ideia inicial [Ref. 7], partiu de estabelecer um valor médio de mercado para cada um destes parâmetros, por forma a que se pudesse chegar a um rácio r , que não seria mais que a divisão do parâmetro em causa de um dado operador, por esse mesmo parâmetro inicial. Esta divisão permitiria depois implementar uma função logaritmica para cada parâmetro, tornando mais fácil a obtenção de um valor final de qualidade.

Assim sendo,

$$r = \frac{P}{P_0} = \begin{cases} > 1, se P > P_0 \rightarrow \ln r > 0 \\ = 1, se P = P_0 \rightarrow \ln r = 0 \\ < 1, se P < P_0 \rightarrow \ln r < 0 \end{cases}$$

Equação 15

Ponderando todos os parâmetros, temos então a função qualidade, definida por um vector que engloba todos os parâmetros definidos anteriormente.

Então,

$$Q_0 = \exp \left[\sigma \times \ln \left(\frac{S}{S_0} \right) + \beta_{up} \times \ln \left(\frac{BW_{up}}{BW_{up0}} \right) + \beta_{down} \times \ln \left(\frac{BW_{down}}{BW_{down0}} \right) - \theta_i \right. \\ \times \ln \left(\frac{TI}{TI_0} \right) - \theta_a \times \ln \left(\frac{TP_0}{TP_1} \right) - \theta_b \times \ln \left(\frac{TP_1}{TP_0} \right) - \gamma_{c1} \\ \left. \times \ln \left(\frac{TC_1}{TC_{10}} \right) - \gamma_{c2} \times \ln \left(\frac{TC_2}{TC_{20}} \right) - \delta_R \times \ln \left(\frac{R}{R_0} \right) \right]$$

Equação 16

Onde,

- S representa o número de serviços que o operador disponibiliza;
- S_0 representa a média de serviços que o mercado oferece;
- BW_{up} representa a largura de banda de *upload* que o operador em causa oferece;
- BW_{up0} representa a largura de banda de *upload* média do mercado;
- BW_{down} representa a largura de banda de *download* que o operador em causa oferece;
- BW_{down0} representa a largura de banda de *download* média do mercado;
- TI é o parâmetro que indica a tarifa de instalação que o operador cobra aos seus clientes aquando da instalação do seu serviço;
- TI_0 indica-nos a tarifa de instalação média do mercado;
- TP_0 representa a tarifa cobrada pelo operador aos assinantes de um eventual pacote 0;
- TP_0 representa o preço médio de mercado de um pacote equivalente ao pacote 0;
- TP_1 representa a tarifa cobrada pelo operador aos assinantes de um eventual pacote 1;
- TP_1 representa o preço médio de mercado de um pacote equivalente ao pacote 1;
- TC_1 representa a taxa de contenção associada ao pacote 1;
- TC_{10} representa a taxa de contenção média de mercado associada ao pacote 1;
- TC_2 representa a taxa de contenção associada ao pacote 2;
- TC_{20} representa a taxa de contenção média de mercado associada ao pacote 2;
- R representa o parâmetro que mede a sobrecarga da rede, e consequentemente quando maior for, menor será a qualidade do serviço prestado;
- R_0 indica o nível médio de sobrecarga do mercado.

4.3.3. Ferramenta de cálculo

A folha parâmetros é a primeira e principal desta ferramenta. Nessa folha, o utilizador começa por preencher a elasticidade de mercado pretendida, bem como a percentagem de erosão da tarifa mensal a cada unidade de tempo e seguidamente a tabela “Situação Inicial de Mercado”, com o número de utilizadores que o operador em causa tinha no seu serviço antigo e que de alguma forma vai tentar convencer a migrar para o novo serviço. Este valor também pode ser

acrescido de um número de utilizadores auferidos através de uma eventual campanha de marketing que o operador tenha levado a cabo, a fim de conseguir assim uma maior adesão ao seu serviço. Em todo o caso, este valor é um mero pressuposto inicial. As restantes células desta tabela deverão ser preenchidas com a tarifa mensal para cada utilizador, para os diferentes pacotes de serviço que oferece, com a respectiva taxa de contenção, e a respectiva percentagem de utilizadores que aderem a um ou a outro pacote. Também nesta tabela deverá ser incluída (caso o operador a pretenda cobrar) uma tarifa de instalação do seu serviço.

Seguidamente e com o auxílio dos diferentes gráficos presentes nesta folha de cálculo deverá preencher, se assim o entender, a tabela “*Upgrades*” com as novas tarifas e percentagem de utilizadores em cada pacote oferecido, para os três operadores. Caso não pretenda fazer alterações a uma respectiva célula, esta deverá estar ocupada com a palavra “MANTER”. Poderá por último, decidir efectuar um *upgrade* à sua infra-estrutura o que lhe permitirá assim obter uma melhor qualidade de serviço e, consequentemente, um maior número de utilizadores. Caso o deseje fazer deverá indicar se o processo de *upgrade* à infra-estrutura é faseado ou todo de uma só vez. Para isto, deverá preencher a tabela “% da rede com *upgrade*” com a percentagem da rede que deseja ver com *upgrade* a cada unidade de tempo. De notar que o *upgrade* à infra-estrutura só poderá ser feito apenas uma vez.

Todo este processo poderá ser feito com o acompanhamento permanente dos gráficos presentes na folha, os gráficos de *Market Share* e de *Cash-Balance* respectivamente, que mudam instantaneamente com cada alteração efectuada, permitindo assim ao utilizador manter-se informado sobre os efeitos de cada alteração e permitindo-lhe consequentemente uma maior afinação dos resultados pretendidos.

A Figura 23 ilustra a folha de cálculo “Parâmetros” e encontra-se na página seguinte.

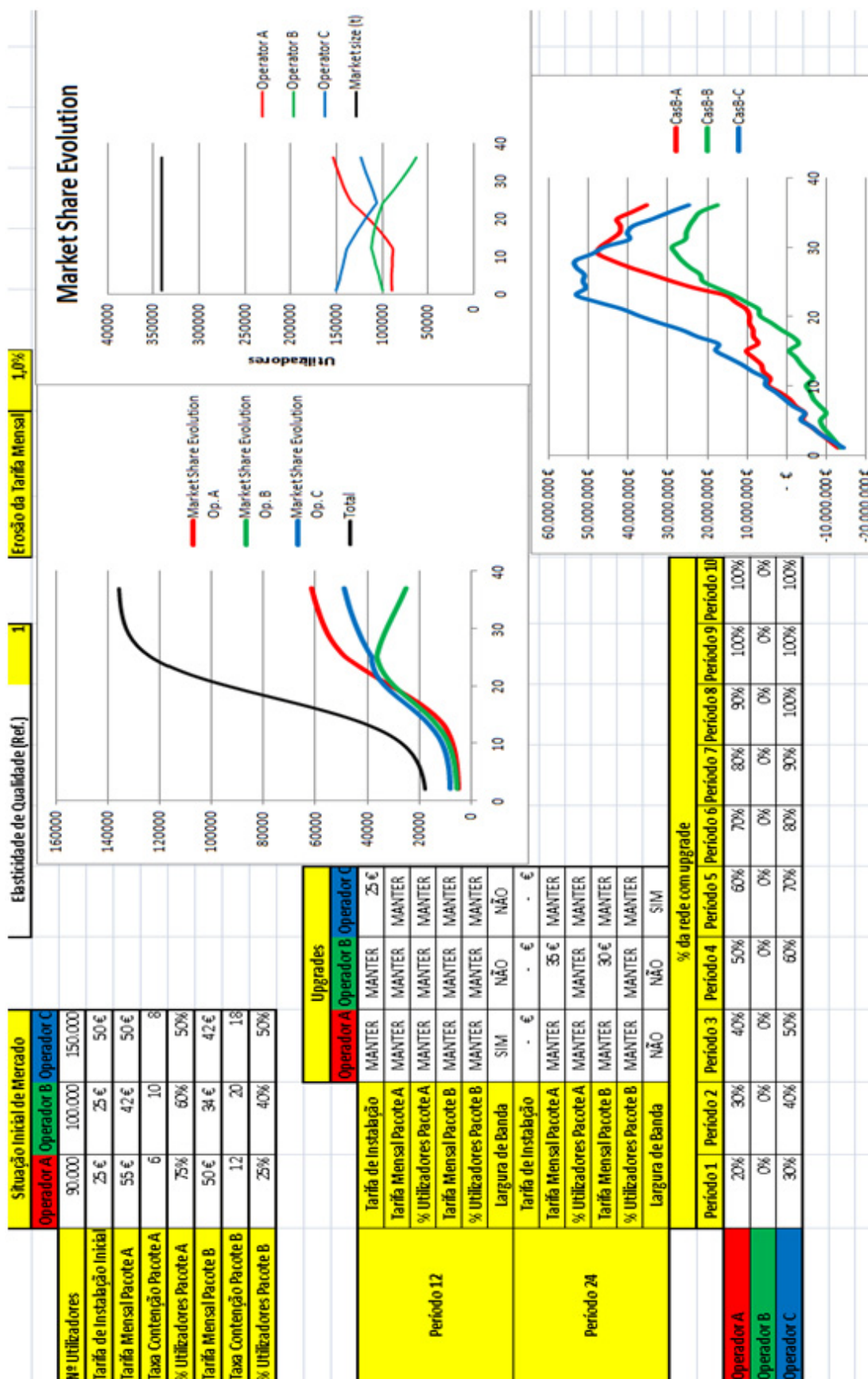


Figura 23 – Folha de cálculo “Parâmetros” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores

A Figura 24 apresenta a folha de cálculo “Qualidade”, factor principal na determinação de ganho ou perda de clientes por parte dos utilizadores. Nesta folha, o utilizador tem a possibilidade de alterar os pesos de cada componente do vector qualidade, e as larguras de banda de *upload* e de *download* para os três operadores com ou sem *upgrade*.

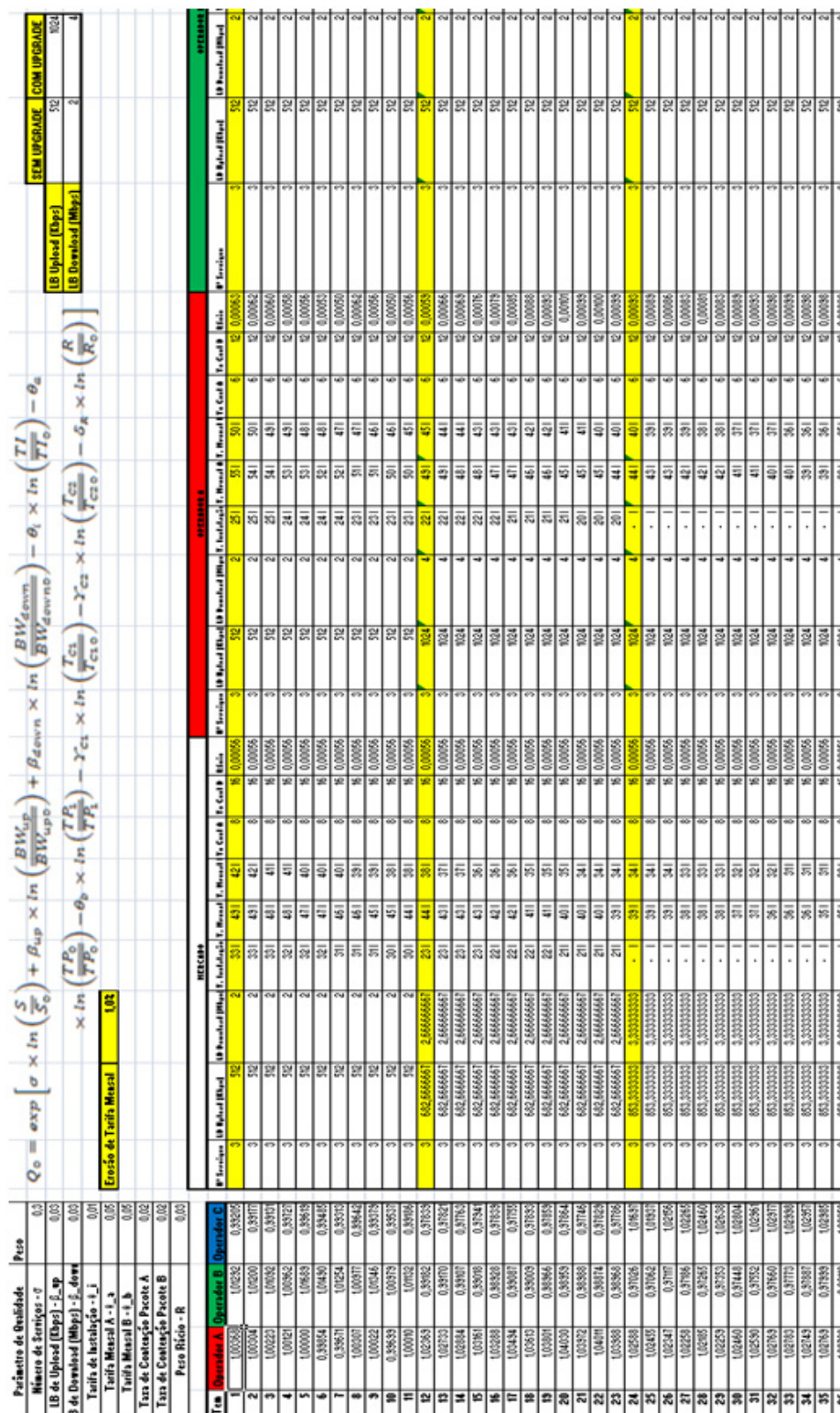


Figura 24 – Folha de cálculo “Qualidade” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores

A Figura 25 ilustra a folha de cálculo “*Market Evolution – Table*”, que nos mostra a evolução do mercado de cada operador, em função da sua qualidade relativa.

Nesta folha de cálculo é possível incluir um factor de aleatoriedade em cada unidade de tempo, para um maior realismo da ferramenta de cálculo. Tal alteração deverá ser feita na coluna *Random Factor*.

| Tempo | Operator A | | | | Operator B | | | | Operator C | | | | Elasticidade de Qualidade (Ref.) | | Market size (t) |
|-------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------|------------|---------------------|--------------------|-------|--------------------|--------|---------------------|-----------------|----------------------------------|---------------|-----------------------|
| | Qualidade Média de Mercado | Qualidade Média Normalizada | Qualidade do Mercado | Qualidade Relativa | dMa | Dimensão de Mercado | Qualidade Relativa | dMa | Qualidade Relativa | dMa | Dimensão de Mercado | Qualidade Total | Elasticity (effective) | Random factor | Random Factor (Yes=1) |
| 1 | 1.001 | 1.000 | 1.000 | 0.99 | -0.009 | 90000 | 1.02 | 1.022 | 0.99 | -0.009 | 90000 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 2 | 1.001 | 1.000 | 1.000 | 0.99 | -0.009 | 88214 | 1.02 | 1.021 | 0.99 | -0.009 | 88214 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 3 | 1.001 | 1.000 | 1.000 | 0.99 | -0.009 | 86428 | 1.02 | 1.020 | 0.99 | -0.009 | 86428 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 4 | 1.002 | 1.000 | 1.000 | 0.99 | -0.009 | 84642 | 1.02 | 1.018 | 0.99 | -0.009 | 84642 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 5 | 1.004 | 1.000 | 1.000 | 0.99 | -0.009 | 82856 | 1.03 | 1.022 | 1.00 | -0.008 | 82856 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 6 | 1.002 | 1.000 | 1.000 | 0.99 | -0.009 | 81070 | 1.02 | 1.021 | 0.99 | -0.008 | 81070 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 7 | 1.001 | 1.000 | 1.000 | 0.99 | -0.009 | 79284 | 1.02 | 1.020 | 0.99 | -0.008 | 79284 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 8 | 1.003 | 1.000 | 1.000 | 0.99 | -0.009 | 77498 | 1.02 | 1.021 | 1.00 | -0.007 | 77498 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 9 | 1.002 | 1.000 | 1.000 | 0.99 | -0.009 | 75712 | 1.02 | 1.018 | 0.99 | -0.009 | 75712 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 10 | 1.003 | 1.000 | 1.000 | 0.99 | -0.009 | 73926 | 1.02 | 1.019 | 0.99 | -0.008 | 73926 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 11 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.99 | -0.009 | 72140 | 1.02 | 1.018 | 0.99 | -0.008 | 72140 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 12 | 0.994 | 1.000 | 1.000 | 1.02 | 0.022 | 70354 | 1.00 | 1.004 | 1.00 | 0.016 | 70354 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 13 | 0.996 | 1.000 | 1.000 | 1.02 | 0.020 | 68568 | 1.00 | 1.006 | 1.00 | 0.018 | 68568 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 14 | 0.996 | 1.000 | 1.000 | 1.02 | 0.023 | 66782 | 1.00 | 1.005 | 1.00 | 0.018 | 66782 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 15 | 0.996 | 1.000 | 1.000 | 1.02 | 0.023 | 64996 | 1.00 | 1.002 | 1.00 | 0.017 | 64996 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 16 | 0.997 | 1.000 | 1.000 | 1.02 | 0.025 | 63210 | 1.00 | 1.002 | 1.00 | 0.019 | 63210 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 17 | 0.997 | 1.000 | 1.000 | 1.02 | 0.027 | 61424 | 1.00 | 1.001 | 1.00 | 0.020 | 61424 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 18 | 0.998 | 1.000 | 1.000 | 1.02 | 0.026 | 59638 | 1.00 | 1.001 | 1.00 | 0.020 | 59638 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 19 | 0.999 | 1.000 | 1.000 | 1.02 | 0.027 | 57852 | 1.00 | 1.000 | 1.00 | 0.021 | 57852 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 20 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.03 | 0.028 | 56066 | 1.00 | 0.999 | 1.00 | 0.022 | 56066 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 21 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.03 | 0.028 | 54280 | 1.00 | 0.998 | 1.00 | 0.022 | 54280 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 22 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.03 | 0.027 | 52494 | 1.00 | 0.998 | 1.00 | 0.022 | 52494 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 23 | 1.001 | 1.000 | 1.000 | 1.03 | 0.028 | 50708 | 1.00 | 0.998 | 1.00 | 0.023 | 50708 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 24 | 1.002 | 1.000 | 1.000 | 1.04 | 0.032 | 48922 | 0.99 | 0.977 | 1.02 | 0.014 | 48922 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 25 | 1.003 | 1.000 | 1.000 | 1.04 | 0.031 | 47136 | 0.99 | 0.977 | 1.02 | 0.016 | 47136 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 26 | 1.004 | 1.000 | 1.000 | 1.04 | 0.030 | 45350 | 0.99 | 0.976 | 1.02 | 0.017 | 45350 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 27 | 1.004 | 1.000 | 1.000 | 1.04 | 0.029 | 43564 | 0.99 | 0.976 | 1.02 | 0.018 | 43564 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 28 | 1.005 | 1.000 | 1.000 | 1.04 | 0.028 | 41778 | 0.99 | 0.975 | 1.02 | 0.019 | 41778 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 29 | 1.006 | 1.000 | 1.000 | 1.04 | 0.027 | 39992 | 0.99 | 0.975 | 1.02 | 0.020 | 39992 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 30 | 1.008 | 1.000 | 1.000 | 1.04 | 0.025 | 38206 | 0.99 | 0.973 | 1.03 | 0.020 | 38206 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 31 | 1.010 | 1.000 | 1.000 | 1.04 | 0.024 | 36420 | 0.99 | 0.973 | 1.03 | 0.020 | 36420 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 32 | 1.011 | 1.000 | 1.000 | 1.04 | 0.023 | 34634 | 0.99 | 0.972 | 1.03 | 0.019 | 34634 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 33 | 1.012 | 1.000 | 1.000 | 1.04 | 0.022 | 32848 | 0.99 | 0.972 | 1.03 | 0.018 | 32848 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 34 | 1.012 | 1.000 | 1.000 | 1.04 | 0.021 | 31062 | 0.99 | 0.972 | 1.03 | 0.017 | 31062 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 35 | 1.013 | 1.000 | 1.000 | 1.04 | 0.020 | 29276 | 0.99 | 0.973 | 1.03 | 0.017 | 29276 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |
| 36 | 1.013 | 1.000 | 1.000 | 1.04 | 0.019 | 27490 | 0.99 | 0.973 | 1.03 | 0.016 | 27490 | 3.0 | 1.000 | 0 | 0 |

Figura 25 – Folha de cálculo “Market Evolution – Table” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores

Seguidamente, temos novamente a folha de cálculo de evolução dos preços dos componentes de rede, que apresenta as curvas de aprendizagem dos preços dos equipamentos ao longo do tempo de vida do projecto. Uma vez que é em tudo igual à apresentada na ferramenta de cálculo para 1 operador, não irá ser aqui explicada.

A Figura 26 ilustra a folha de cálculo “Gráficos” e conforme o nome indica tem o objectivo de nos mostrar alguns gráficos relativos à evolução de mercado.

Assim, nesta folha poderemos ver três gráficos circulares, que indicam as distribuições de mercado inicial e final, bem como o factor de preferência (qualidade) inicial dos três operadores e dois gráficos de linhas, que nos dão a indicação da evolução do *market share* de cada operador ao longo do tempo de vida do projecto.

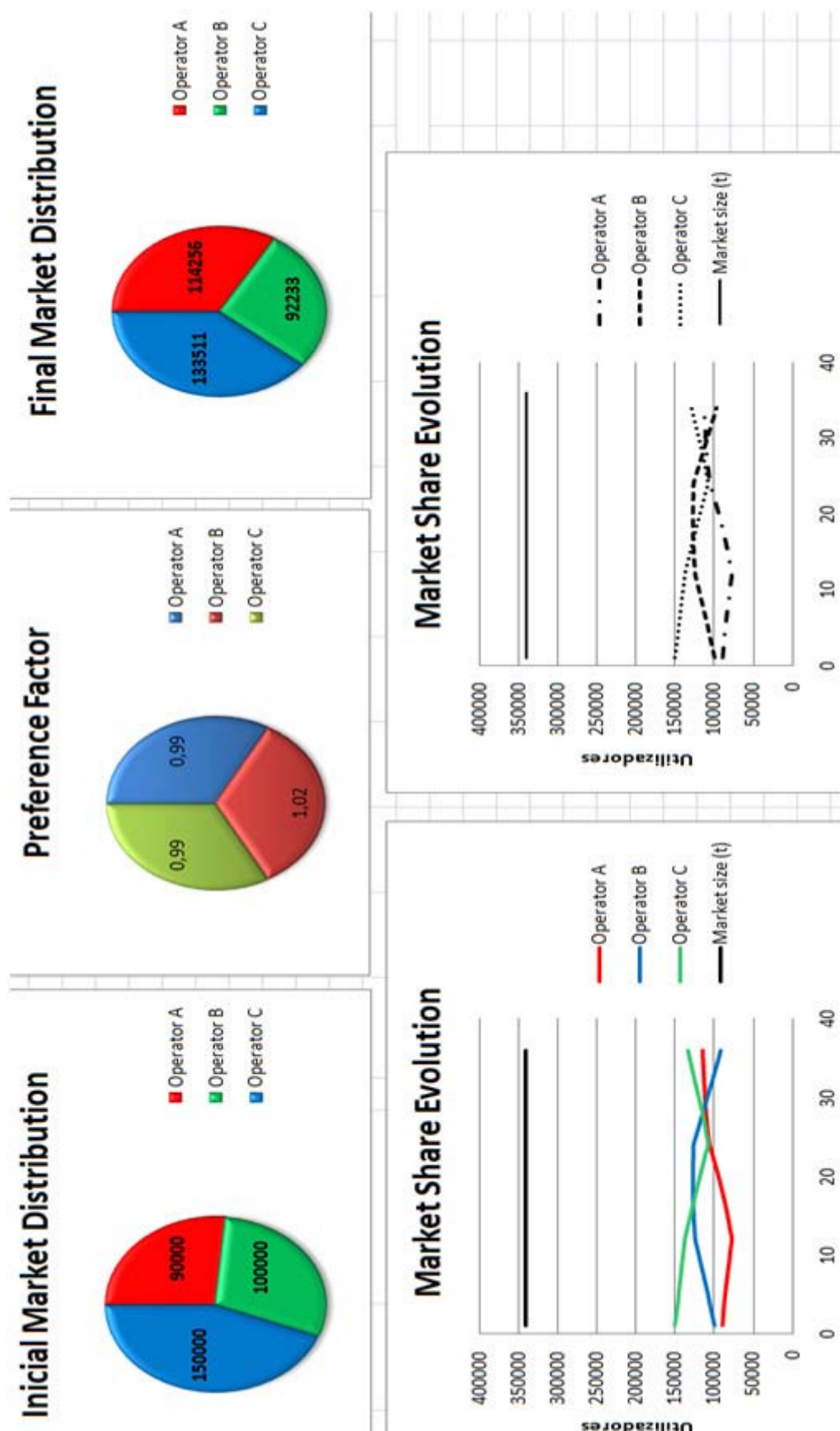


Figura 26 – Folha de cálculo “Gráficos” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores

Seguidamente temos a folha de cálculo *Market Share*, ilustrada na Figura 27. Nesta folha, é possível alterar os parâmetros da curva logística que modela o mercado. Esta curva já foi explicada anteriormente, uma vez que é a mesma utilizada na ferramenta de cálculo para 1 operador. Assim, é possível alterar a taxa de penetração inicial, a taxa de penetração final (taxa de saturação), bem como os parâmetros alfa e beta, que controlam a velocidade de arranque do mercado.

Também nesta folha, é possível ver a evolução do mercado de cada operador a cada unidade de tempo. O número de utilizadores é depois multiplicado pela curva logística que modela o mercado, para assim ser calculado o número efectivo de utilizadores que aderem aos serviços de cada operador, em cada unidade de tempo.

Nesta folha de cálculo, são também apresentados três gráficos. Dois deles ilustram a evolução do *market share* de cada operador ao longo do tempo de vida do projecto. O terceiro gráfico exhibe a evolução da curva logística que modela o mercado.

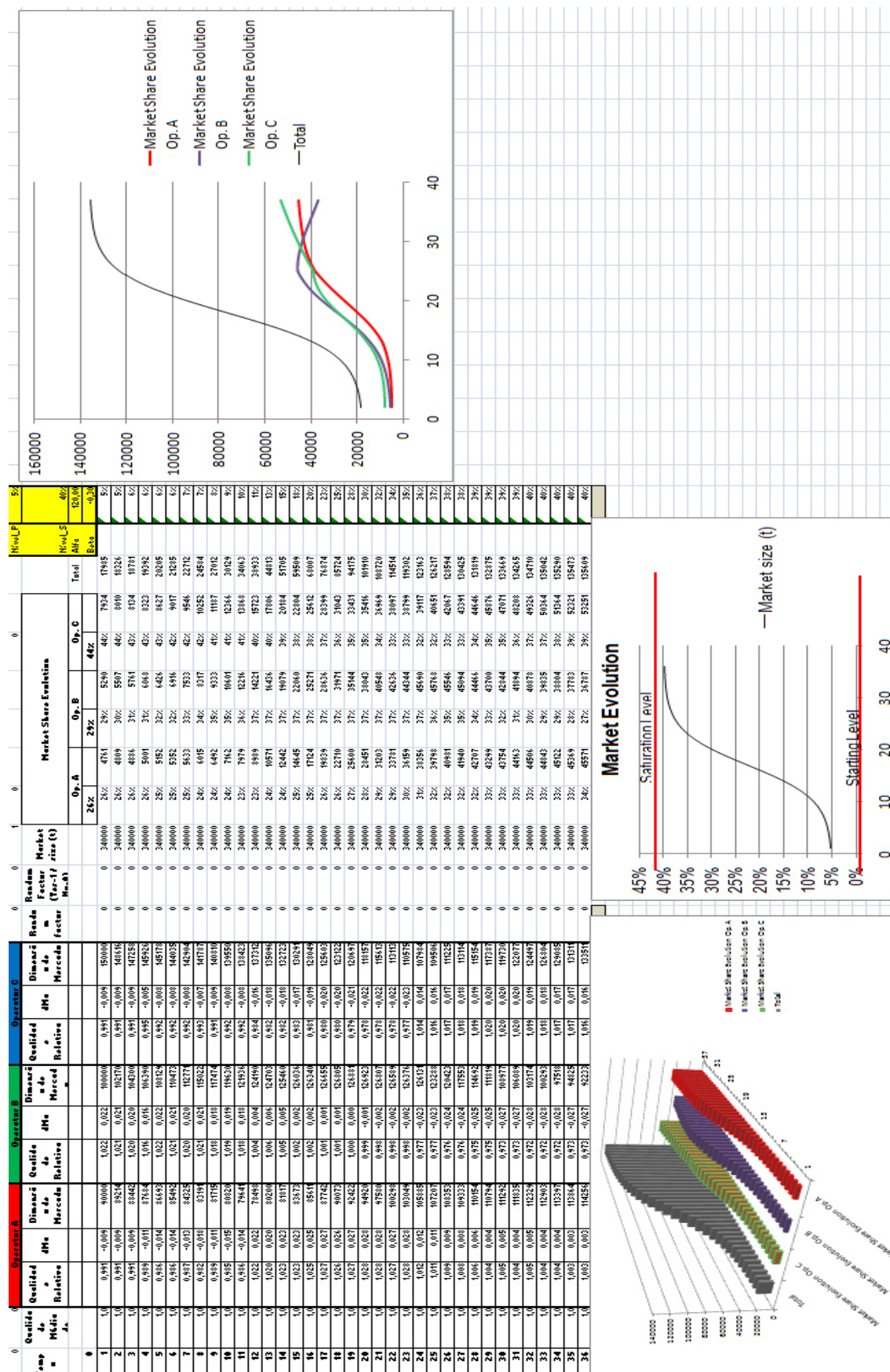


Figura 27 – Folha de cálculo “Market Share” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores

A Figura 28 ilustra a folha *CAPEX* desta ferramenta de cálculo. Esta folha é também ela bastante importante, uma vez que o *CAPEX* representa uma enorme fatia da despesa de cada operador. Nesta folha são definidos os rácios de cada um dos três itens que compõem a rede, com e sem *upgrade*.

No conjunto de células de cada operador, as células a amarelo, indicam o número de itens necessários a cada unidade de tempo, para manter toda a infra-estrutura a funcionar e o investimento em cada um desses itens, nas diferentes unidades de tempo. De notar, que este número de itens nunca decresce, ou seja, mesmo que um operador perca quota de mercado, nunca retira equipamento da sua infra-estrutura.

A célula pertencente ao item 2, está assinalada a amarelo nas unidades de tempo 12 e 24, uma vez que é nestas unidades de tempo que o operador pode optar por investir na sua infra-estrutura, estando então estas células assinaladas para uma melhor visualização desse mesmo *upgrade* e consequentemente, os efeitos que tal *upgrade* tem a nível de investimento para o operador em causa.

As células a vermelho indicam, respectivamente, o investimento na substituição de cada item, o investimento total anual, e o investimento total depreciado. Nesta ferramenta considerou-se que quando cada item atingisse o seu tempo limite de vida – tempo de vida esse definido na tabela “Investimento de Substituição” – esse mesmo item seria substituído por um novo. Nota para o facto de que a tabela “Investimento de Substituição” serve apenas para auxílio visual, visto que as unidades de tempo para substituição de cada item que nela se encontram não têm qualquer utilidade, uma vez que todo o cálculo é feito individualmente nas células a vermelho para investimentos de substituição em cada item.

Assim sendo, caso se queiram variar os intervalos de substituição de cada um dos itens, esta alteração terá que ser feita manualmente pelo utilizador nas células “Item de Substituição”. As células que actualmente se encontram a amarelo nesta secção, servem também apenas para auxílio visual, uma vez que é nas unidades de tempo assinaladas com cor amarela, que se dá a substituição do item em causa.

Por último, são apresentados dois gráficos, um em colunas e outro em linhas, correspondentes ao investimento anual de cada operador, na sua infra-estrutura.

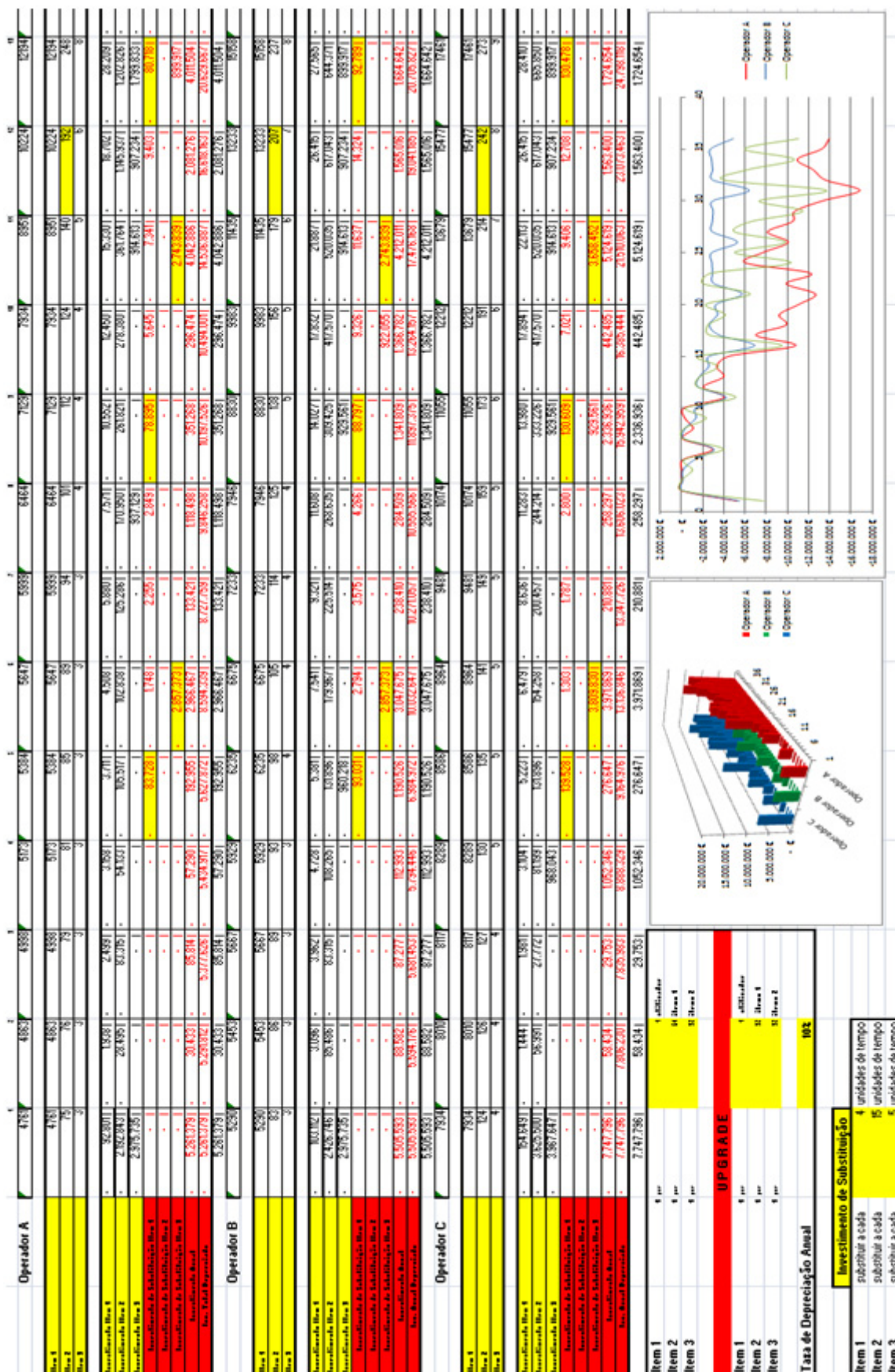


Figura 28 – Folha de cálculo “CAPEX” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores

A Figura 29 ilustra a folha de cálculo *OPEX* da ferramenta. Nesta ferramenta, os gastos operacionais são definidos como uma percentagem do *CAPEX* acumulado e uma quantia fixa por cada utilizador. Neste caso, conforme podemos ver na figura, os valores definidos são 5 % e 120€ respectivamente, valores estes que o utilizador pode alterar sempre que o desejar.

É ainda apresentado um gráfico de barras com a evolução do *OPEX* para os 3 operadores, ao longo do período de vida do projecto.

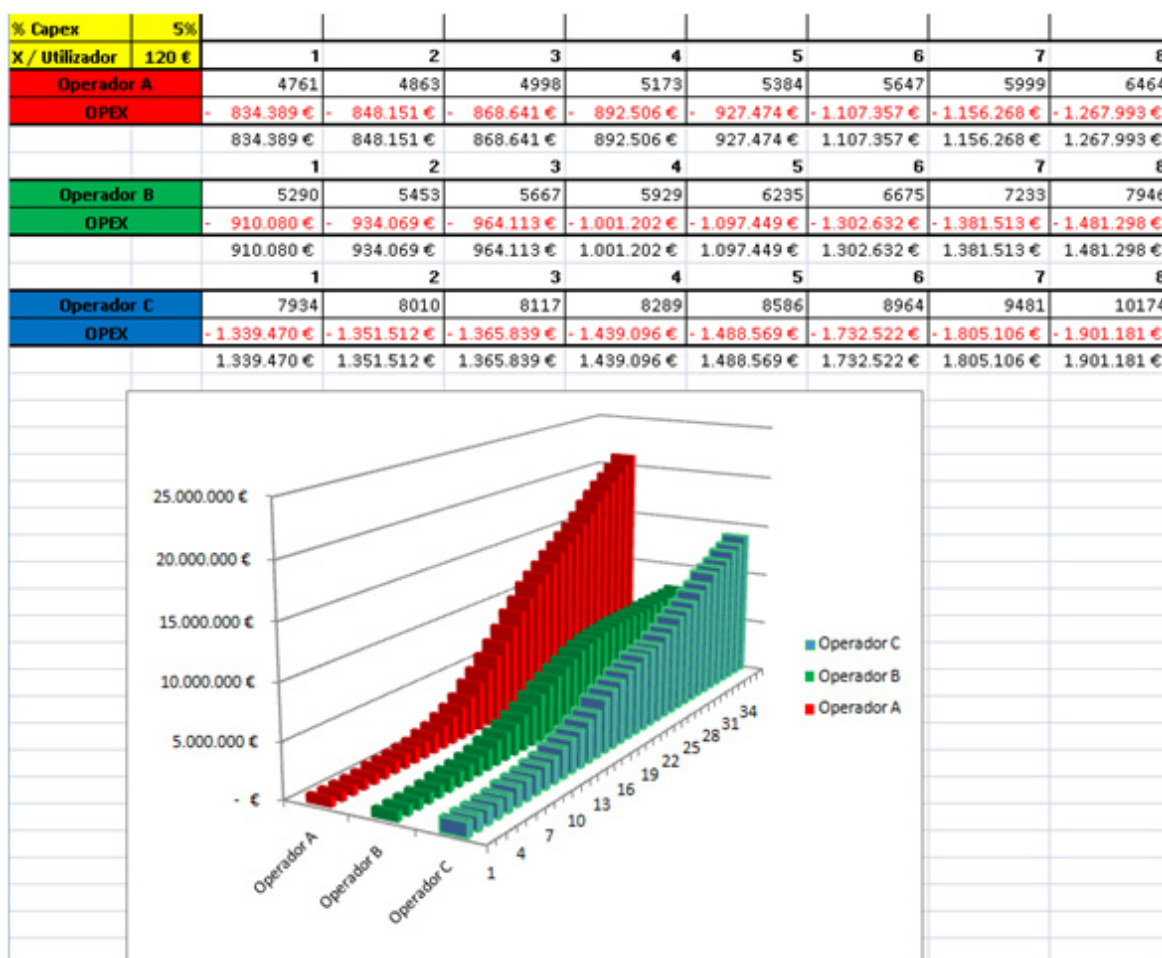


Figura 29 – Folha de cálculo “OPEX” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores

Seguidamente, a Figura 30 mostra a folha de cálculo “Receitas”, da ferramenta de cálculo. Como o próprio nome indica, esta folha apresenta as receitas de cada operador, provenientes das diferentes tarifas mensais que pratica, bem como a tarifa de instalação do seu serviço. As células correspondentes às unidades de tempo 12 e 24 apresentam uma cor amarela para melhor visualização, uma vez que correspondem às unidades de tempo onde o operador poderá alterar as suas tarifas. Por último, é apresentado um gráfico que ilustra a evolução das receitas dos três operadores, ao longo do período de vida do projecto.

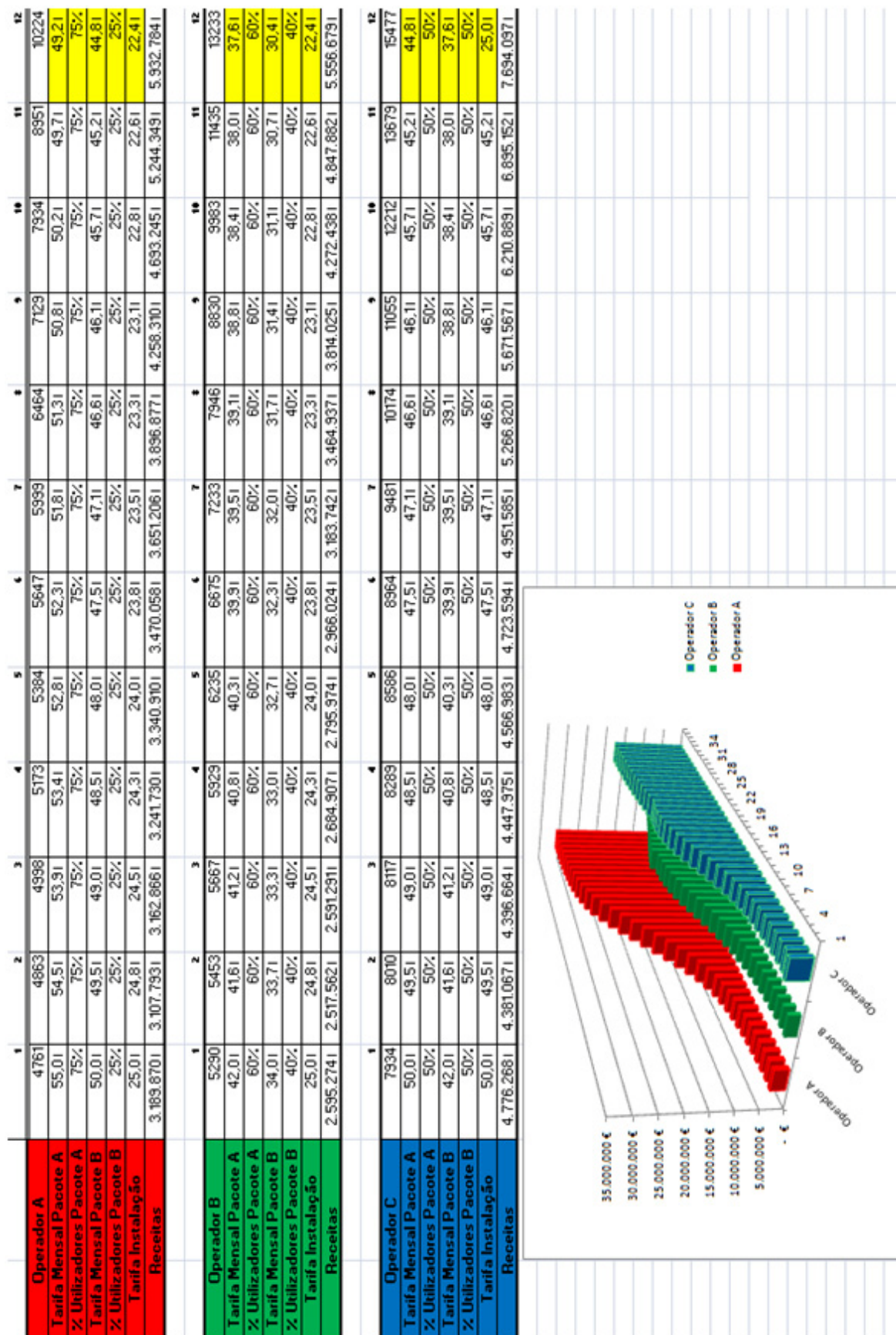


Figura 30 – Folha de cálculo “Receitas” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores

A última folha de cálculo, a folha “Cash Balances” encontra-se ilustrada na Figura 31. Nesta folha de cálculo estão presentes três tabelas, uma para cada operador. Em cada uma delas, podemos ver uma evolução de todos os gastos (*CAPEX* e *OPEX*) ao longo do tempo de vida do projecto, bem como das receitas. Com estes dados, conseguimos então calcular o *Cash Flow anual* de cada operador, o seu *Cash Balance*, *ARPU* e *AMPU*. Na mesma tabela, estão ainda incluídos os valores da taxa interna de rentabilidade, período de recuperação e valor actual líquido do projecto.

Para além destas tabelas, é ainda possível alterar no topo da folha de cálculo, a taxa de juro anual, bem como observar 10 gráficos (4 de barras e 6 de linhas), sendo que 6 deles (3 de barras e 3 de linhas) apresentam a evolução do *CAPEX*, *OPEX*, receitas, *cash flow* e *cash balance* para cada operador. Existem ainda dois gráficos que apresentam apenas a evolução do *cash balance* dos 3 operadores ao longo do tempo de vida do projecto, tanto em gráfico de linhas, como de colunas. Os últimos dois gráficos ilustram a variação do *ARPU* e do *AMPU* dos 3 operadores, ao longo do tempo de vida do projecto.

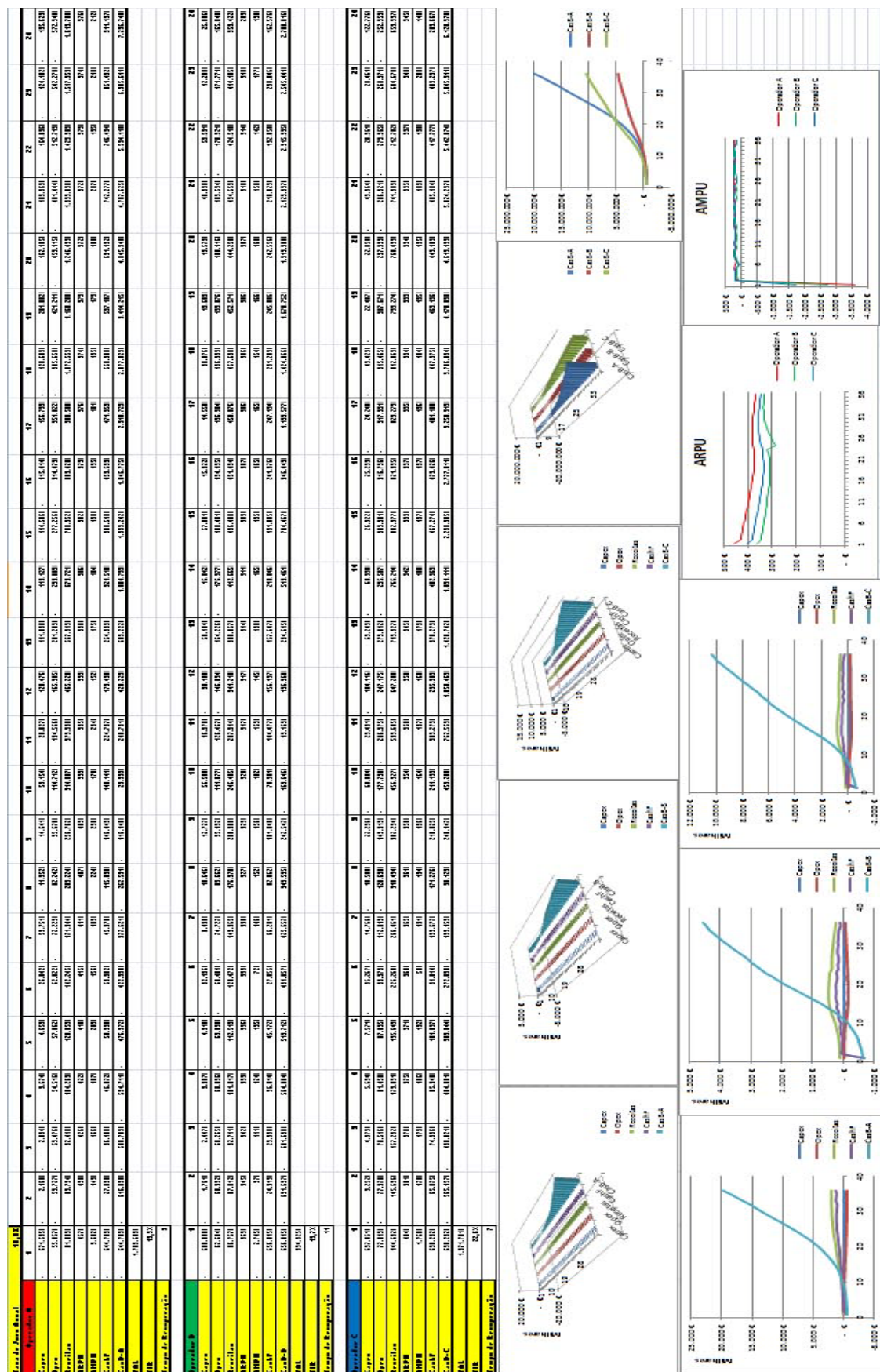


Figura 31 – Folha de cálculo “Cash Balances” para a ferramenta de cenários com 3 Operadores

5. Análise Tecno-Económica de soluções de rede – Estudos de Caso

5.1. Hipótese A – Migração de ADSL para um cenário FTTH

5.1.1. Descrição do cenário

Consideremos então um cenário, referente a uma dada região servida por ADSL. O esquema da configuração ADSL existente é demonstrado na figura seguinte:

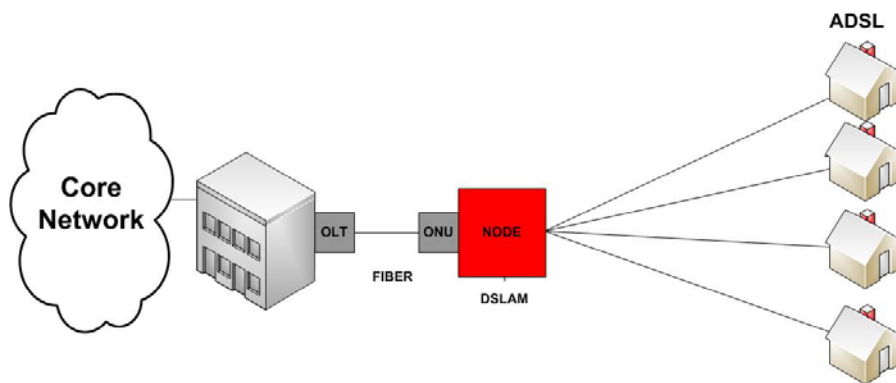


Figura 32 – Exemplo de uma configuração ADSL

Partamos do princípio que o operador, ou os operadores presentes nesta região, possuem já um conjunto de clientes e que os irão tentar persuadir a migrar para o seu novo serviço de FTTH, cuja configuração está patente na figura que se segue:

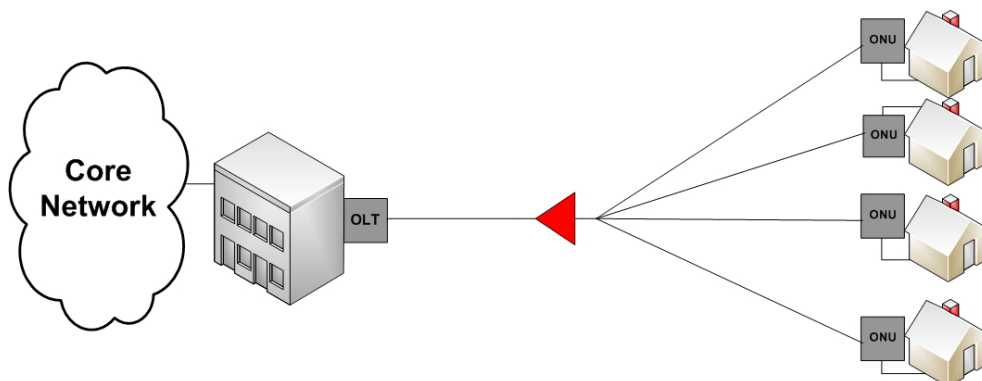


Figura 33 – Exemplo de uma configuração FTTH

Para apoiar esta simulação fez-se uso das ferramentas de cálculo criadas e introduzidas no capítulo anterior, nas quais se aplicou um modelo simplificado de uma rede de acesso com uma

configuração ponto-multiponto, do tipo estrela, de estrelas com 3 pontos de flexibilidade, conforme mostrada na Figura 33:

- Estação local onde está localizado o equipamento necessário para dialogar com a rede;
- Ponto de distribuição-agregação;
- Ponto de interligação ao cliente.

O leitor estará por esta altura a questionar-se sobre o facto de uma rede ser assim tão simples, e não se ter em conta a maior parte dos componentes, quanto mais não seja a fibra que os interliga todos, para não falar da elevada quantidade de trabalho de construção civil, eventualmente necessário. No entanto, vamos pressupor que o preço acordado com a empresa responsável pela montagem dos diversos itens, já incluía todos estes trabalhos e componentes e estes são os ilustrados na tabela seguinte, que nos mostra também os rácios de partilha de cada um dos equipamentos utilizados nos 3 pontos de flexibilidade:

| | Custo | Rácio |
|-------------------------|------------|-------|
| Item 1 (utilizador) | 20€ | 1:1 |
| Item 2 | 30.000€ | 1:64 |
| Item 3 (central Office) | 1.000.000€ | 1:32 |

Tabela 4 Custo e rácios de partilha dos vários equipamentos

A Figura 34 mostra os diversos itens e o rácio de cada um, aplicados na configuração FTTH desejada.

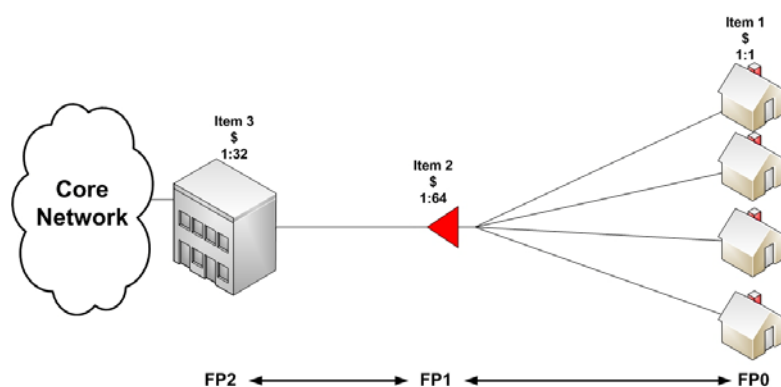


Figura 34 – Solução FTTH com os diferentes itens e respectivos rácios

De uma forma muito simples também, possibilitou-se que cada operador pudesse fazer um upgrade à sua infra-estrutura, permitindo-lhe desta forma duplicar a sua largura de banda de *upload* e a sua largura de banda de *download* a fim de melhorar o seu serviço. Para tal, o operador tem a possibilidade de mudar o rácio do item 2, de um item 2 para 64 utilizadores (1:64) para um item 2 por cada 32 utilizadores (1:32). Apesar de atraente, tal upgrade poderá acarretar pesadas despesas para o operador em causa, pelo que tal upgrade deverá ser cuidadosamente estudado e quando efectuado, é aconselhável que seja implementado de uma forma progressiva.

5.1.2. Análise para 1 Operador

Para se efectuar a análise de um cenário em que apenas um operador controla a zona em questão, fez-se uso da ferramenta em *Excel* entretanto criada e introduzida no capítulo anterior.

Há desde já vários cenários a considerar, desde os parâmetros de nível de partida, nível de saturação, *alfa* e *beta* da curva logística que modela o crescimento de mercado, até às várias combinações possíveis de, quando e como o operador efectua o *upgrade* à sua infra-estrutura.

5.1.2.1. Visão global dos investimentos

Comecemos então por analisar o efeito da variação dos parâmetros da curva logística na evolução da quota de mercado do operador em causa.

Assim sendo, consideremos 3 cenários, em que se estudam várias formas de adesão do mercado ao serviço que o operador tem para oferecer, e vejamos os diferentes resultados que este apresenta:

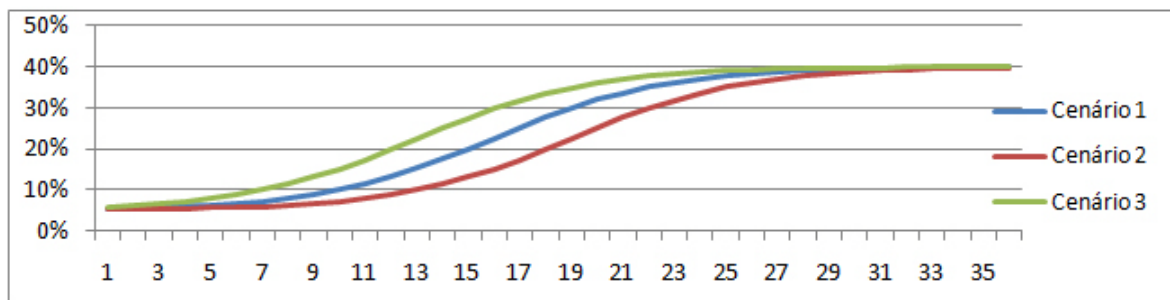


Figura 35 – Diferentes cenários para diferentes velocidades de arranque do mercado

A Figura 36 mostra-nos a evolução a nível de CAPEX, tendo em conta cada um dos cenários anteriores:

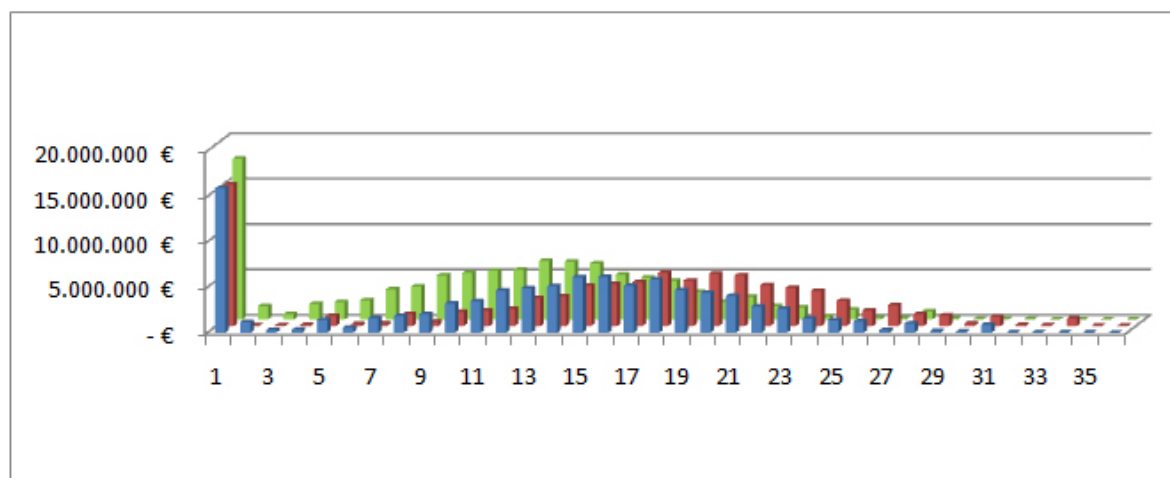


Figura 36 – Capex para diferentes cenários

Através da análise da Figura 36, concluímos que os valores de *CAPEX* são semelhantes, e que apenas o facto de o mercado arrancar mais cedo ou mais tarde os influencia. Assim sendo, e por arrancar primeiro, o cenário 3 apresenta um investimento inicial superior, bem como ocorre mais cedo a maior fatia dos investimentos realizados pelo operador. Já o cenário 2 é dos três cenários aquele no qual os investimentos ocorrem mais tarde, por força de ser também este cenário aquele no qual o mercado arranca também ele mais tarde. Por último, o cenário 1 (cenário intermédio) apresenta-se com a maior parte dos investimentos a ocorrerem entre os intervalos de tempo em que se dão os investimentos dos cenários 2 e 3.

Concluimos portanto que as diferenças, embora as haja, não são significativas e decerto nada comparáveis com os cenários que analisaremos em seguida e que visam apurar a maneira como o operador investe na sua infra-estrutura e se o instante em que o faz, tem algum impacto nos resultados económicos mais relevantes para o projecto. Consideremos então que o operador apenas poderá iniciar o investimento na sua infra-estrutura em duas alturas distintas às quais iremos chamar de instante A e instante B. O instante A dar-se-á no final das primeiras 12 unidades de tempo, e o instante B dar-se-á no final das primeiras 24 unidades de tempo. A Tabela 5 sumariza as diferentes hipóteses que o operador tem para investir na sua infra-estrutura:

| Decisão de Investimento | |
|-------------------------|--|
| Cenário 1 | Operador não investe na infra-estrutura |
| Cenário 2 | Investimento de 100% no instante A |
| Cenário 3 | Investimento de 100% no instante B |
| Cenário 4 | Investimento faseado (10% a cada unidade de tempo) a partir do instante A |
| Cenário 5 | Investimento faseado (10% a cada unidade de tempo) a partir do instante B |
| Cenário 6 | Investimento faseado (50% inicial de 10% a cada unidade de tempo) a partir do instante A |
| Cenário 7 | Investimento faseado (50% inicial de 10% a cada unidade de tempo) a partir do instante B |

Tabela 5 – Descrição das hipóteses de investimento do Operador

Nas figuras seguintes e na Tabela 6, são apresentados vários resultados económicos que podem permitir uma melhor análise dos instantes de investimento e consequente viabilidade do projecto:

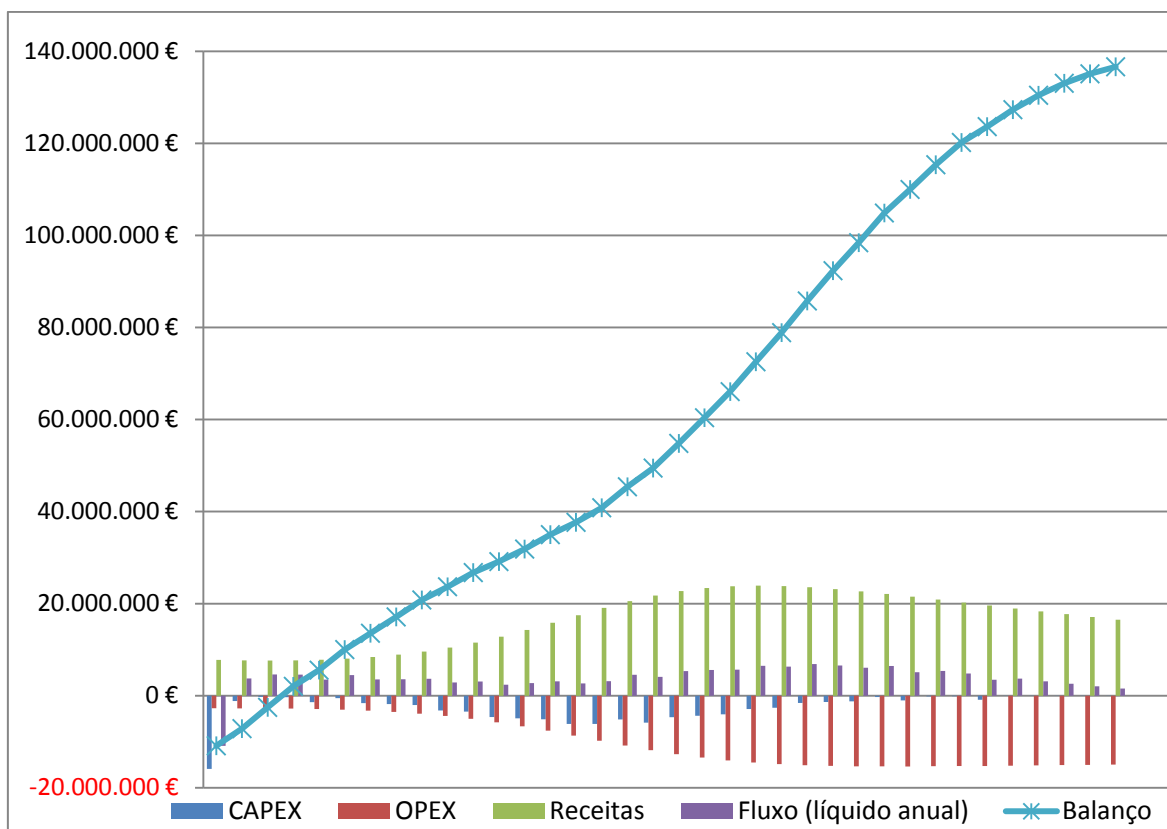


Figura 37 – Resultados económicos para o cenário 1

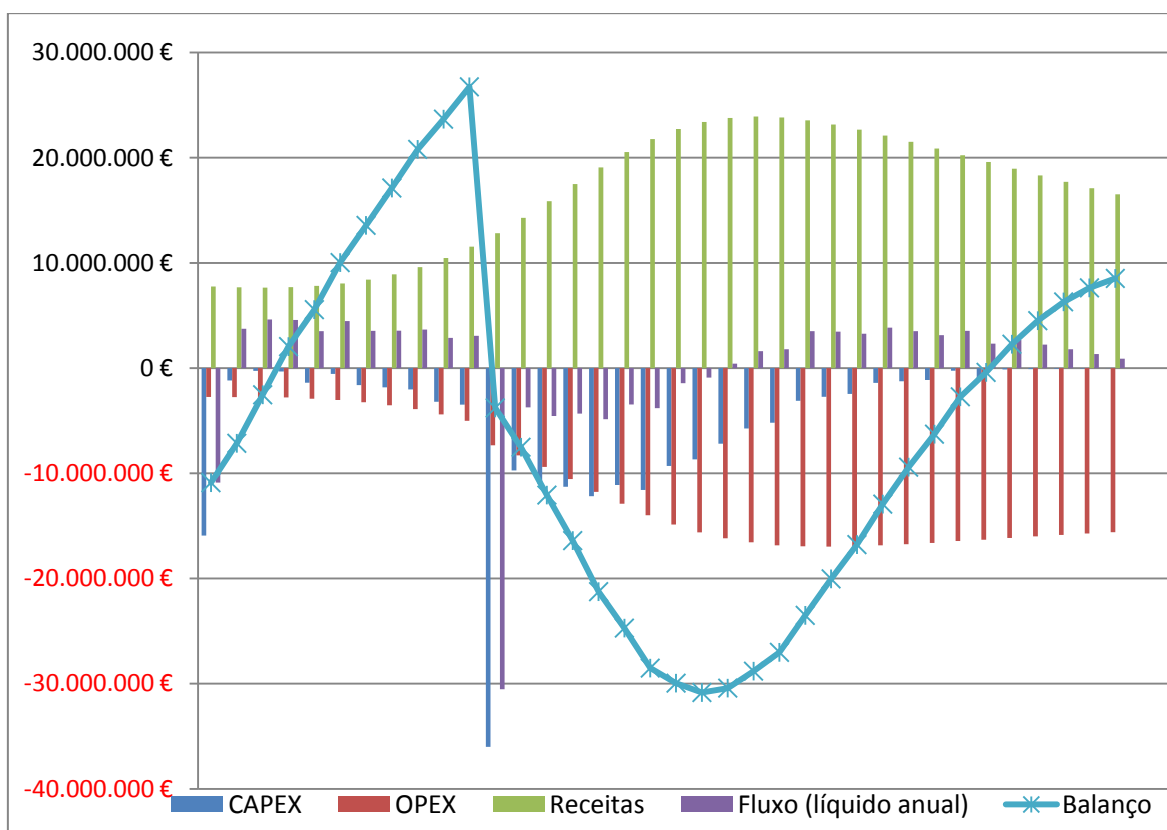


Figura 38 – Resultados económicos para o cenário 2

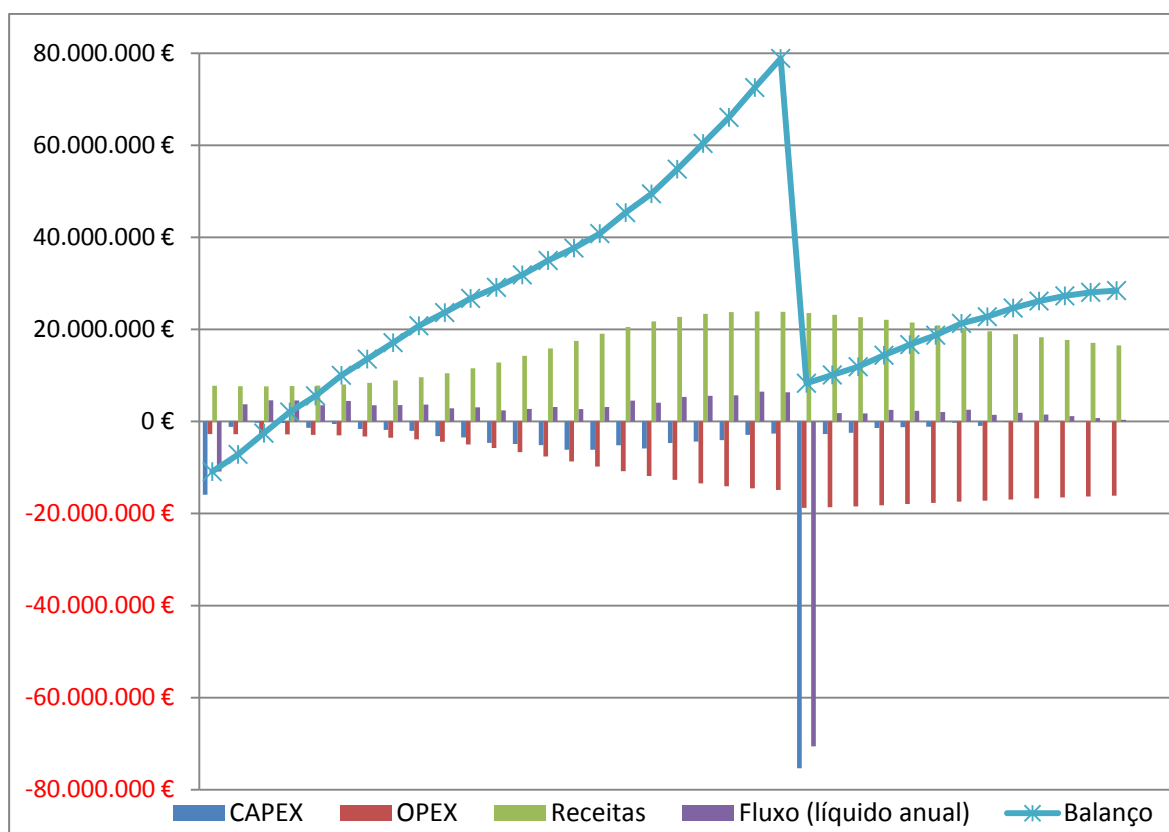


Figura 39 – Resultados económicos para o cenário 3

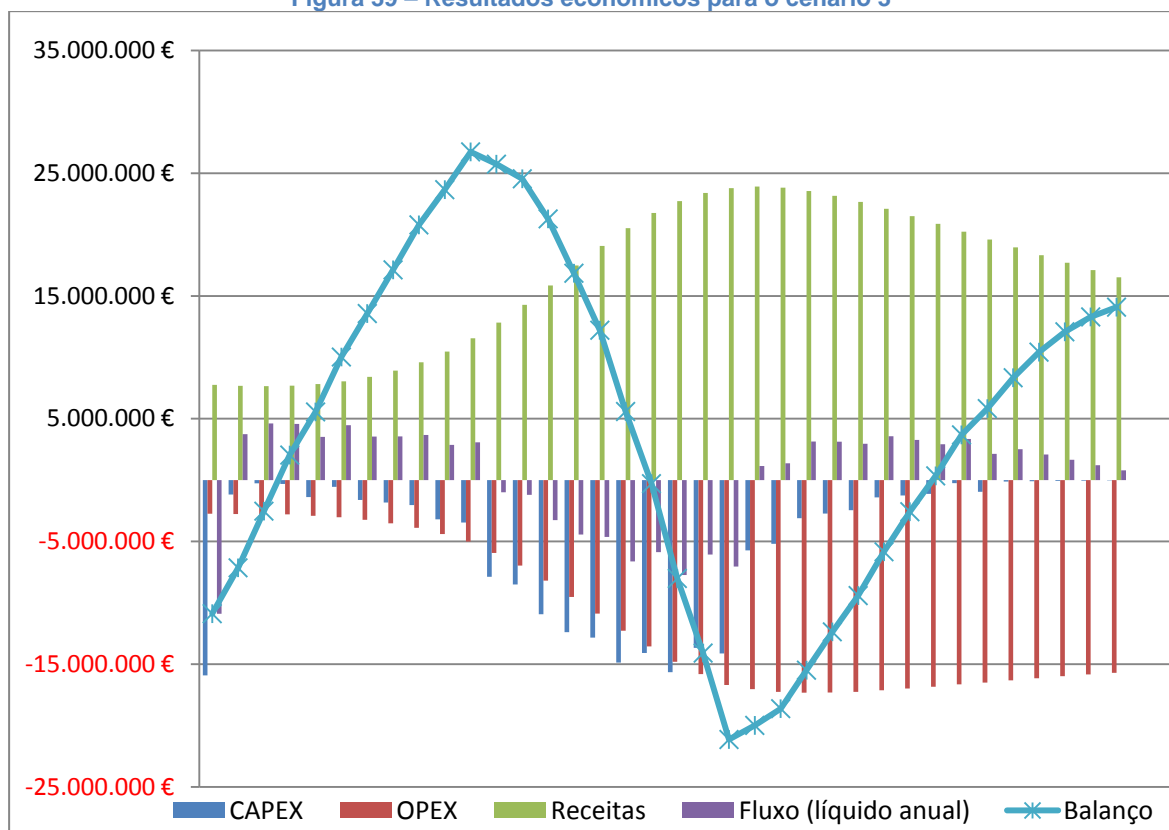


Figura 40 – Resultados económicos para o cenário 4

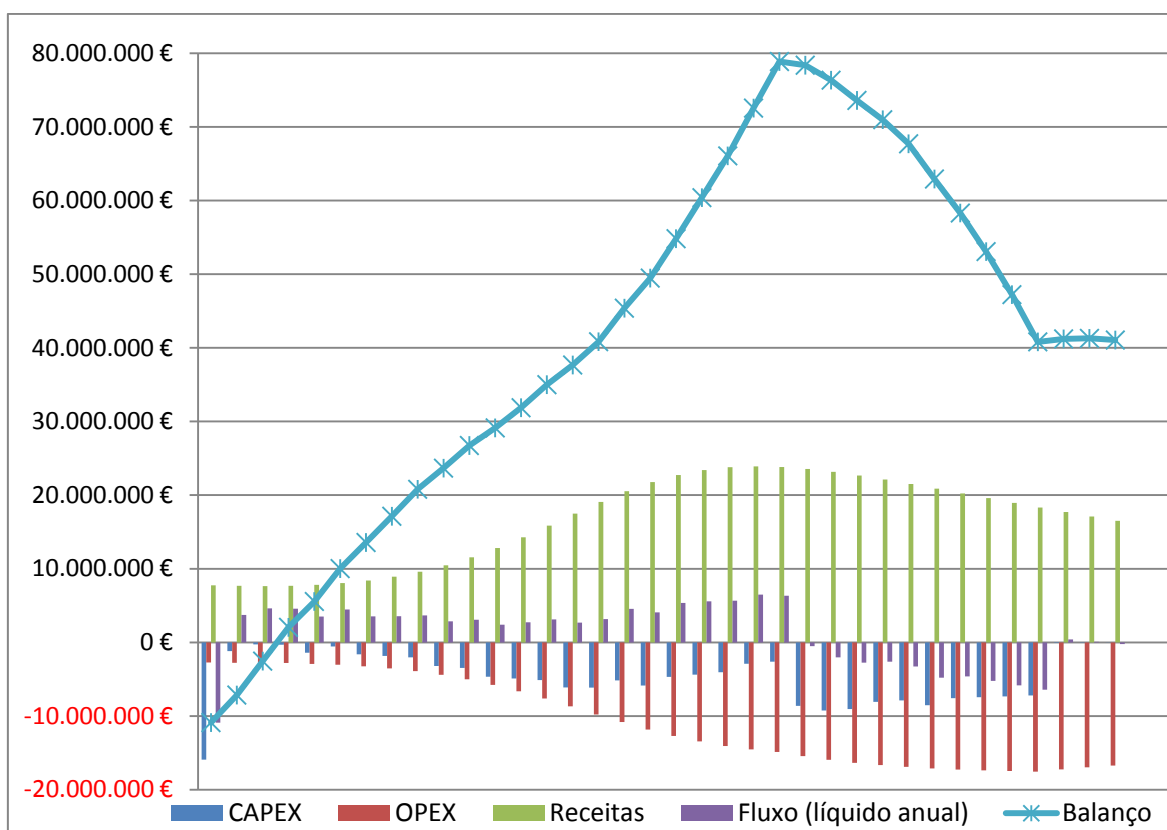


Figura 41 – Resultados económicos para o cenário 5

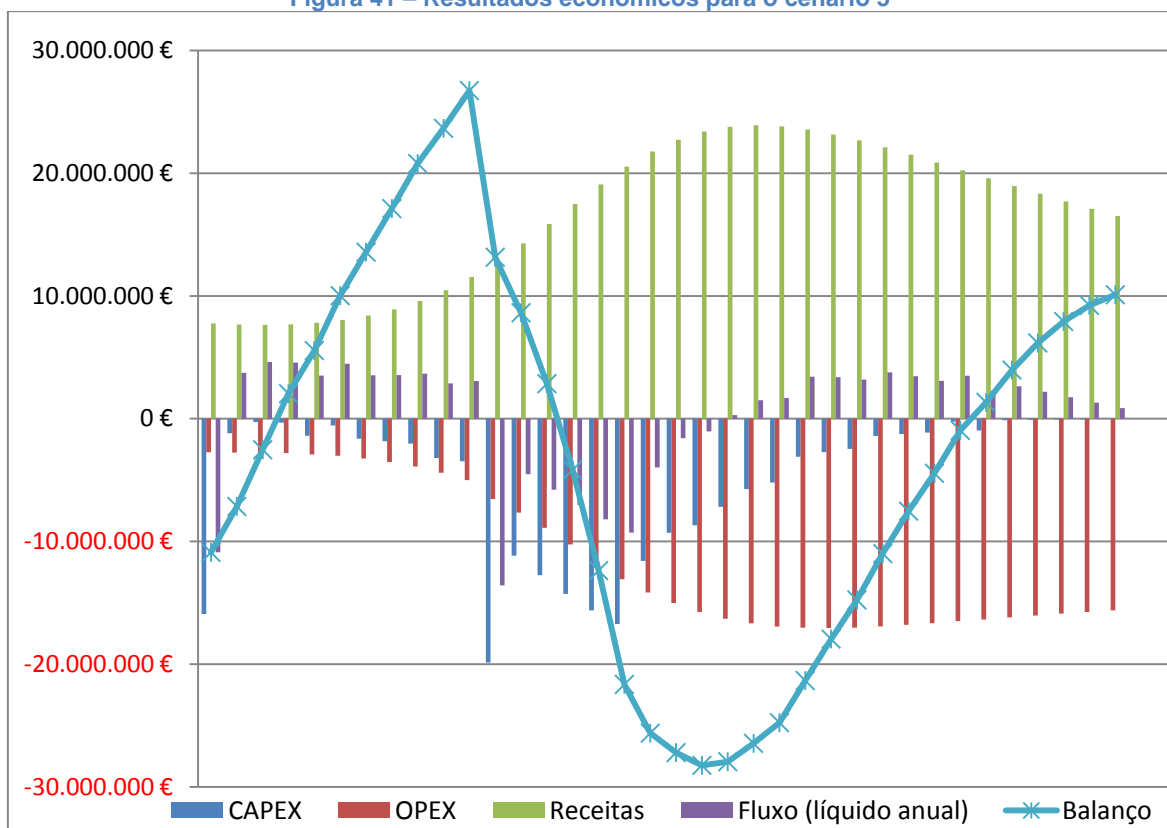
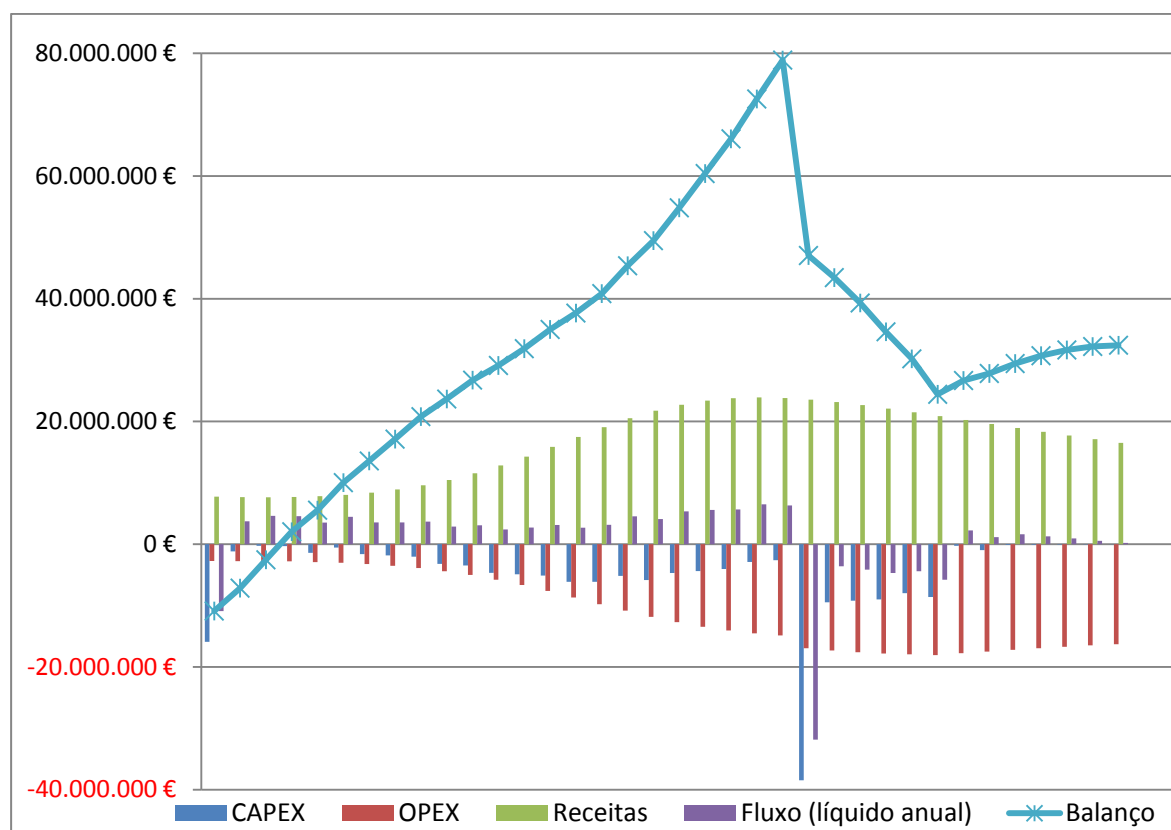


Figura 42 – Resultados económicos para o cenário 6


Figura 43 – Resultados económicos para o cenário 7

| | VAL | TIR | Período de Recuperação |
|------------------|--------------|-------|------------------------|
| Cenário 1 | 25.015.015 € | 36,6% | 3 Unidades de tempo |
| Cenário 2 | -1.293.172 € | - % | 31 Unidades de tempo |
| Cenário 3 | 15.114.844 € | 36,4% | 3 Unidades de tempo |
| Cenário 4 | 5.102.792 € | 33,3% | 28 Unidades de tempo |
| Cenário 5 | 18.746.205 € | 36,6% | 3 Unidades de tempo |
| Cenário 6 | 861.495 € | 29,0% | 30 Unidades de tempo |
| Cenário 7 | 16.467.015 € | 36,5% | 3 Unidades de tempo |

Tabela 6 – Resultados económicos relevantes para os diferentes cenários

Através de uma análise das figuras anteriores e da Tabela 6 conseguimos concluir que para o operador o melhor cenário é sem dúvida (e como esperado) aquele em que não investe na sua infra-estrutura, uma vez que é aquele no qual obtém um maior balanço no final do projecto. De uma forma geral, caso o operador opte por um investimento na sua infra-estrutura este deverá ser feito no instante B, altura em que o operador já tem um *cash-balance* que lhe permitirá ficar com um balanço positivo, mesmo depois do investimento. Caso opte por investir no primeiro instante possível, os resultados são bastante inferiores, com um grande aumento no período de recuperação do projecto (o operador apenas consegue recuperar todo o investimento realizado praticamente no final do projecto) e o valor actual líquido também ele é bastante inferior, chegando mesmo a ser negativo para o cenário 2, não sendo portanto o projecto viável neste cenário.

5.1.3. Análise para 3 Operadores

No ponto anterior considerou-se que apenas existia um operador na zona em análise, pelo que seria bastante fácil para este obter sucesso, uma vez que caso um cliente estivesse interessado em instalar um serviço de FTTH, este teria forçosamente que recorrer ao único operador na zona.

Consideremos agora um cenário em que na mesma zona estão presentes não apenas um, mas três operadores distintos, todos eles lutando entre si pela maior quota de mercado. Neste caso, cada operador terá que se preocupar com a qualidade de serviço que presta aos seus clientes, sob pena de que, caso esta seja inferior à qualidade de serviço oferecida pelos seus concorrentes, o operador em causa corra sérios riscos de ver os seus clientes prescindirem do seu serviço, para começarem a utilizar o serviço de outros operadores. Conforme referido, a qualidade de cada operador é imprescindível e o vector que a define tem como parâmetros o número de serviços oferecidos pelos diferentes operadores (normalmente *triple play*), as tarifas que cobram aos seus clientes (tarifa de instalação do serviço e tarifa anual), a largura de banda de *upload* e a largura de banda de *download* que oferecem, e ainda um parâmetro que define o sobre carregamento da rede do operador, o que conduz a uma menor qualidade de serviço. Cada operador deverá portanto tentar manter a sua qualidade relativa o mais alta possível, quer oferecendo o maior número de serviços possível, quer praticando tarifas mais reduzidas que os seus concorrentes, quer ainda investindo na sua infra-estrutura a fim de poder oferecer uma maior largura de banda aos seus clientes. Este *upgrade*, deverá contudo ser bastante bem pensado uma vez que embora possa melhorar bastante a qualidade de serviço do operador em causa, e consequente *market-share*, também poderá ter um efeito adverso, caso o operador não consiga recuperar o investimento realizado (se praticar, por exemplo, tarifas excessivamente reduzidas).

Consideremos ainda uma zona onde estão presentes 300mil potenciais utilizadores, e uma curva logística que modela o crescimento de mercado com parâmetros iguais à curva logística do cenário 1, apresentada no ponto anterior.

5.1.3.1. Visão global dos investimentos

Descrito o cenário, vamos então supor que os três operadores, Operador A, Operador B e Operador C, partem com uma situação inicial de mercado descrita na Tabela 7. Vamos, mais uma vez, considerar essa situação como um pressuposto. Um conjunto anterior de situações, como por exemplo um *marketing* mais agressivo, levou então à situação inicial de mercado descrita na Tabela 7:

| | Operador A | Operador B | Operador C |
|------------------------------|------------|------------|------------|
| Nº Utilizadores | 90000 | 100000 | 150000 |
| Tarifa de Instalação Inicial | 25€ | 25€ | 25€ |
| Tarifa Anual Pacote A | 650€ | 500€ | 600€ |
| % Utilizadores Pacote A | 75% | 60% | 50% |
| Tarifa Anual Pacote B | 600€ | 400€ | 500€ |
| % Utilizadores Pacote B | 25% | 40% | 50% |

Tabela 7 – Situação Inicial de Mercado

A Figura 44 mostra a situação inicial de mercado para cada operador:

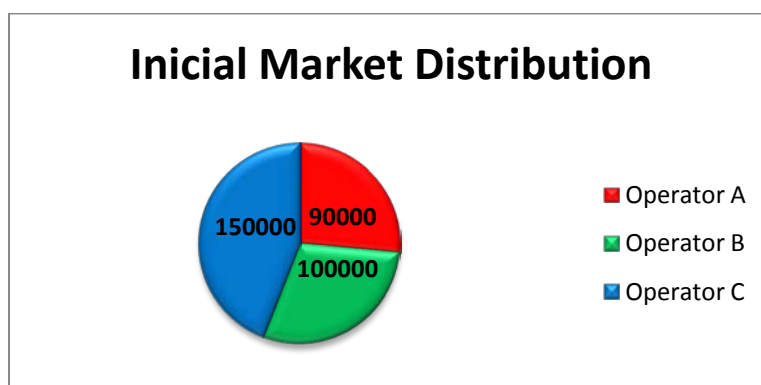


Figura 44 – Distribuição de Mercado Inicial – Hipótese A

Ao fim de 12 períodos de tempo os três operadores têm a possibilidade de fazer alterações nos seus tarifários, bem como um *upgrade* à sua infra-estrutura.

O Operador A, ao final destes 12 períodos de tempo, é o Operador com menor quota de mercado, perdendo utilizadores dia após dia, pelo que a sua decisão irá ser a de fazer um *upgrade* à sua infra-estrutura a fim de melhorar de uma forma substancial a qualidade do seu serviço, podendo assim desta forma oferecer uma maior concorrência aos restantes operadores. Para que os efeitos a nível de *cash-flow* deste investimento não se façam sentir de uma forma tão acentuada, o Operador A opta por fazer tal investimento de uma forma faseada, mantendo os diferentes tarifários que oferece aos seus clientes.

No final dos primeiros 12 períodos de tempo, o Operador B encontra-se em profundo crescimento, a nível de quota de mercado, em grande parte graças aos tarifários bastante atractivos que pratica face à concorrência, pelo que a sua aposta irá ser de continuidade, optando por não fazer quaisquer tipo de alterações, quer no que concerne à sua infra-estrutura, quer ao seu plano de tarifários.

Quanto ao Operador C, que partiu inicialmente com uma maior quota de mercado, vê esta posição ameaçada pelo crescimento do Operador B. No entanto, como apresenta um *cash-balance* bastante elevado, e confiante na qualidade do seu serviço, opta apenas por uma redução da sua tarifa de instalação (a mais alta do mercado), para um valor de 25€uros.

A Tabela 8 resume as opções tomadas por cada operador ao fim de 12 unidades de tempo:

| | Operador A | Operador B | Operador C |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Tarifa de Instalação | Sem alterações | Sem alterações | 25€ |
| Tarifa Anual Pacote A | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| % Utilizadores Pacote A | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| Tarifa Anual Pacote B | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| % Utilizadores Pacote B | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| Upgrade à infra-estrutura | SIM | NÃO | NÃO |

Tabela 8 – Opções de cada Operador ao fim das primeiras 12 unidades de tempo

Passado novo período de 12 unidades de tempo, a configuração de mercado é ligeiramente diferente, em grande parte devido às opções que cada operador tomou, aquando dos 12 primeiros períodos de tempo.

O Operador A, que se encontrava a perder bastantes clientes, conseguiu, graças ao *upgrade* efectuado à sua infra-estrutura e consequente melhoria de qualidade de serviço oferecido, um bom aumento de quota de mercado e por esta altura já se encontra com uma infra-estrutura com um item 2 para 32 itens 1 (1:32). De recordar, que o Operador A havia optado por efectuar esta mudança de uma forma muito suave (10% a cada período de tempo), por forma a que os efeitos a nível de *cash-balance* não se fizessem sentir de uma forma tão brusca. Assim sendo, e numa perspectiva de continuidade, o Operador A opta por manter as suas tarifas anuais, optando apenas por tornar gratuita a tarifa de instalação dos seus serviços.

O Operador B, que havia optado por não fazer qualquer alteração, quer a nível de infra-estrutura, quer a nível de tarifários, viu a sua quota de mercado estabilizar e como não possui muito *cash-balance* e não quer correr riscos a fazer um *upgrade* à sua infra-estrutura, sob pena de que os reflexos a nível de *cash-balance* de tal *upgrade* se possam tornar demasiado pesados, opta por fazer alterações, quer na tarifa de instalação do seu serviço, que passa a ser gratuita, quer no seu plano de tarifários, fazendo uma redução para 425€uros da tarifa anual do pacote A e uma redução para 350€uros da tarifa anual do pacote B, esperando desta forma poder tornar o seu serviço mais apelativo e assim retomar o seu crescimento de *market share*.

Por último, o Operador C que havia optado por apenas diminuir a tarifa de instalação do seu serviço para 25€uros, vê o seu *market-share* em queda e de imediato opta por investir na sua infra-estrutura de forma a melhorar a qualidade do seu serviço e assim recuperar os clientes que havia perdido no passado (com 30% iniciais e um aumento de 10% ao ano, bem como torna gratuita a instalação do seu serviço).

A Tabela 16 resume as decisões de cada operador no final das primeiras 24 unidades de tempo:

| | Operador A | Operador B | Operador C |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Tarifa de Instalação | Gratuita | Gratuita | Gratuita |
| Tarifa Anual Pacote 1 | Sem alterações | 425€ | Sem alterações |
| % Utilizadores Pacote 1 | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| Tarifa Anual Pacote 2 | Sem alterações | 350€ | Sem alterações |
| % Utilizadores Pacote 2 | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| Upgrade à infra-estrutura | NÃO | NÃO | SIM |

Tabela 9 – Opções de cada Operador ao fim das primeiras 24 unidades de tempo

Terminadas 36 unidades de tempo, a situação final de mercado é descrita na Figura 45:

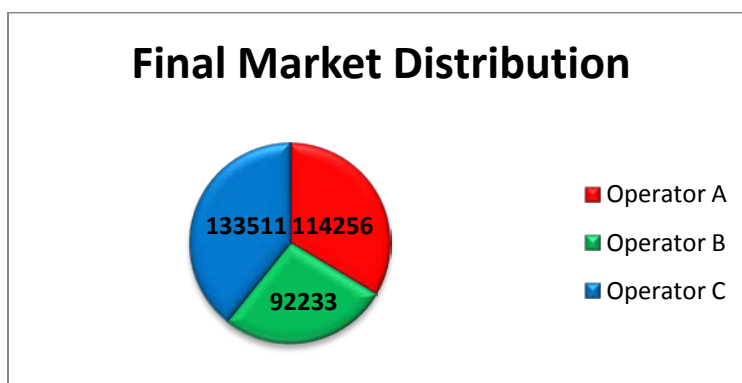


Figura 45 – Distribuição final de Mercado – Hipótese A

A Figura 46 e a Figura 47 mostram a evolução do *market share* dos três operadores ao longo do tempo:

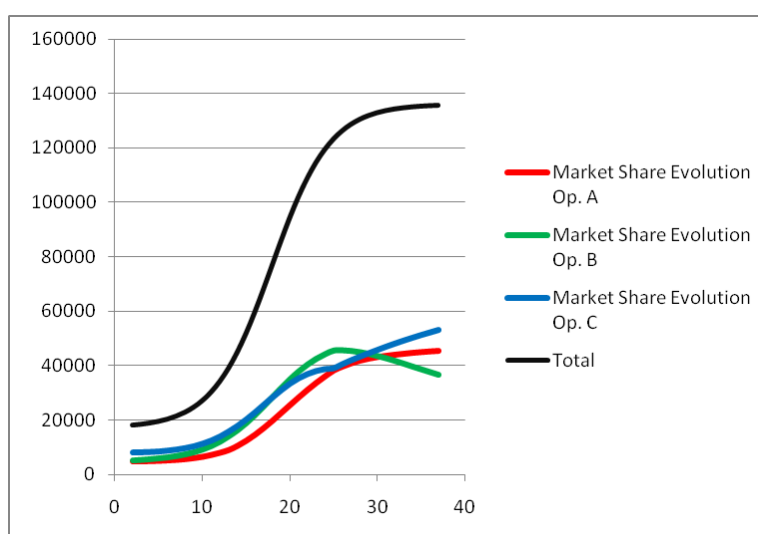


Figura 46 – Market Share Evolution (I) – Hipótese A

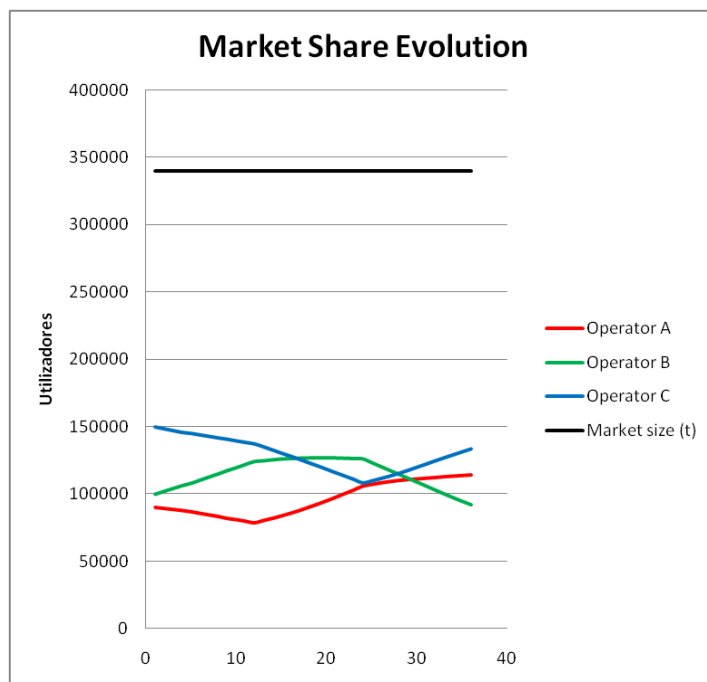


Figura 47 – Market Share Evolution (II) – Hipótese A

5.1.3.2. CAPEX

Os investimentos realizados para a aquisição ou substituição de equipamento, por cada operador para esta hipótese, ao longo do período de duração do projecto, encontram-se ilustrados na Figura 48:

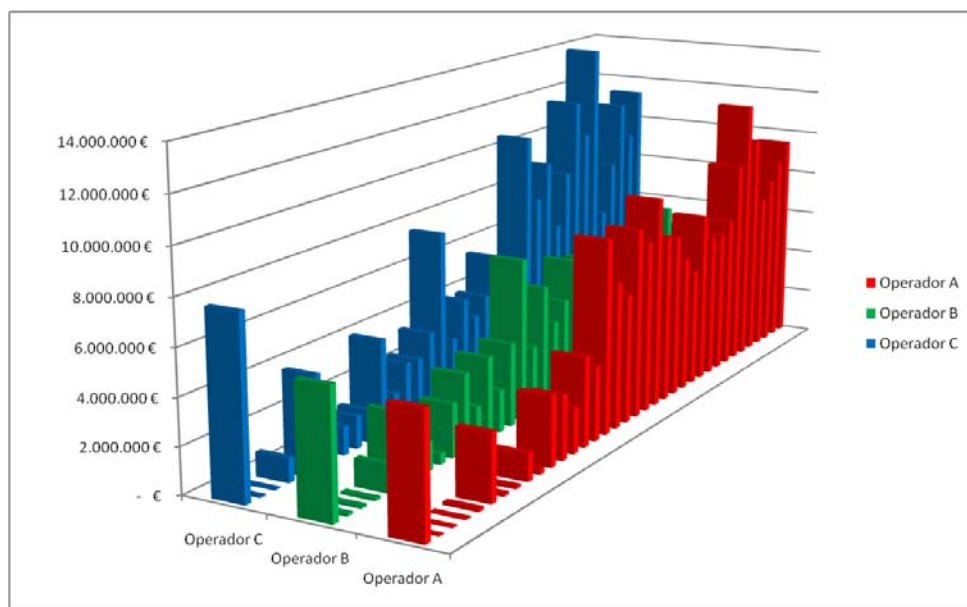


Figura 48 – Evolução do CAPEX dos 3 operadores durante o período de estudo - Hipótese A

Os investimentos de cada operador são bastante semelhantes. Nota-se para os três operadores um investimento inicial significativo, necessário para colocar a infra-estrutura a funcionar. Quanto maior for a quota de mercado de cada operador, maior será este investimento inicial. Neste caso, o Operador C é quem mais investe, seguido do Operador B e por último do Operador A. As grandes diferenças durante o período de estudo, devem-se essencialmente ao momento em que cada operador decide ou não fazer *upgrade* à sua infra-estrutura e neste caso, o operador B é quem investe menos, uma vez que é aquele que opta por nunca o fazer. A decisão de investir num *upgrade* à infra-estrutura irá levar a um aumento dos itens 2 e 3 necessários, e consequente aumento do investimento de substituição destes equipamentos.

5.1.3.3. OPEX

Os gastos operacionais de cada operador, durante o período de duração do projecto encontram-se ilustrados na Figura 49:

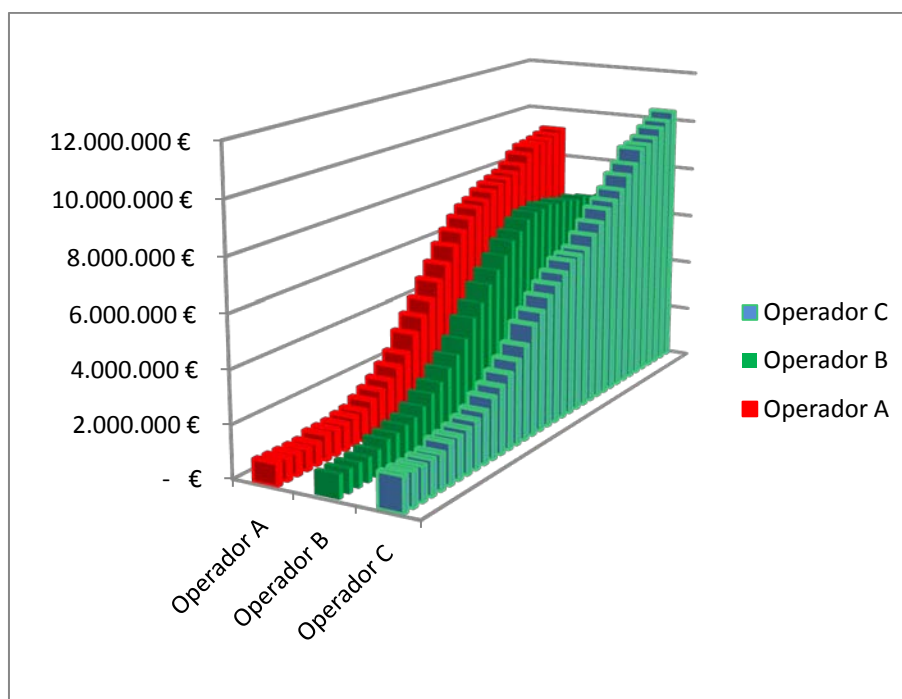


Figura 49 – Evolução do OPEX dos 3 operadores durante o período de estudo – Hipótese A

Os gastos operacionais de cada operador são também eles semelhantes. Uma vez que têm em conta uma percentagem do CAPEX e um valor fixo por cada utilizador, aumentam proporcionalmente ao aumento do número de utilizadores.

5.1.3.4. Receitas

Os valores das receitas para cada operador, durante o período de estudo do projecto, encontram-se na Figura 50:

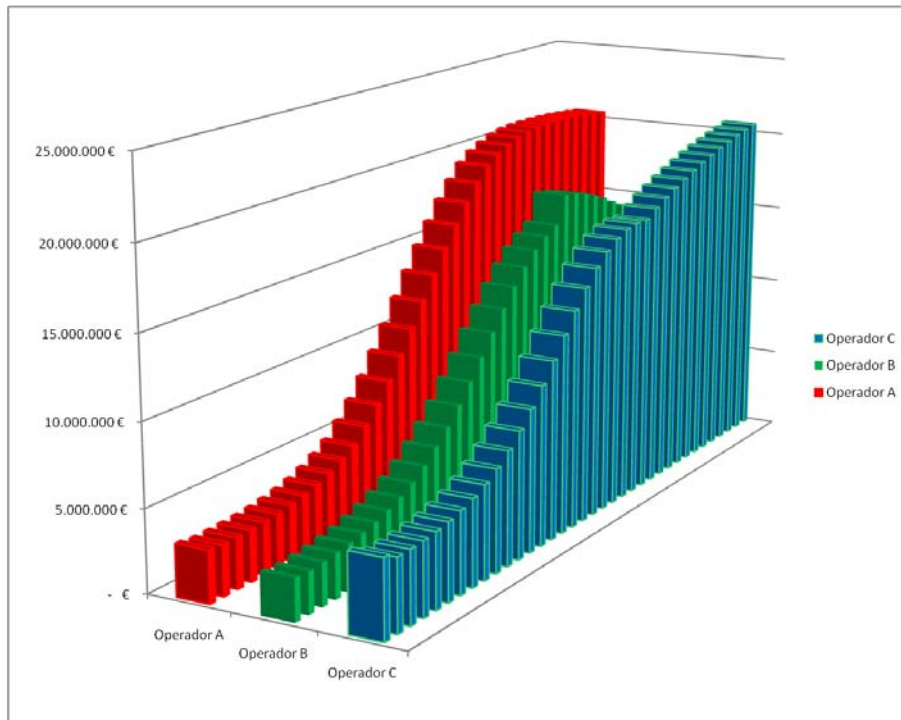


Figura 50 – Receitas de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese A

As receitas de cada operador, dependem directamente do número de clientes, sendo que quanto maior for este número, maiores irão ser. Assim sendo, percebe-se pela leitura do gráfico que o Operador C parte à frente uma vez que é quem tem maior *market share* inicial. Ao longo do tempo a tendência é sempre para aumentar as suas receitas, embora na fase final de estudo do projecto, este aumento não seja tão acentuado.

O Operador A tem um comportamento semelhante ao comportamento mostrado pelo Operador C, muito embora tenha um aumento significativo das suas receitas um pouco mais tarde, fruto da sua baixa qualidade inicial, devido aos elevados preços praticados, apenas combatido com a decisão de investir na sua infra-estrutura.

Por último o Operador B tem um comportamento semelhante ao Operador A. Embora o seu *market share* seja superior, o seu plano de tarifários é bastante inferior, pelo que se equiparam. Na fase final do estudo começa a ter uma quebra nas receitas, essencialmente devido ao facto de as suas baixas tarifas já não serem suficientes para combater o melhor serviço prestado pelos seus concorrentes, levando assim à perda de clientes.

5.1.3.5. ARPU

A Figura 51 apresenta-nos o ARPU dos três operadores durante o período de estudo do projecto:

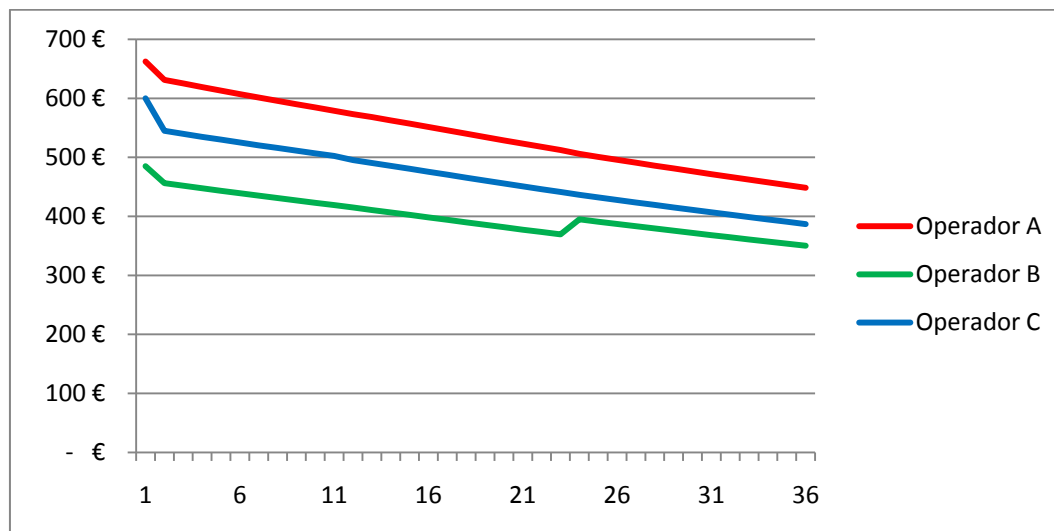


Figura 51 - ARPU de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese A

Analisando a Figura 51 facilmente se constata que o ARPU dos 3 operadores decai, praticamente de forma constante, ao longo do período de estudo. A única nota vai para o ARPU do Operador B, que por volta das 24 unidades de tempo (altura em que baixa as suas tarifas para tentar ganhar algum mercado) vê o seu ARPU crescer ligeiramente.

5.1.3.6. AMPU

Na Figura 52 encontra-se ilustrado o AMPU dos três operadores, para o período de estudo do projecto:

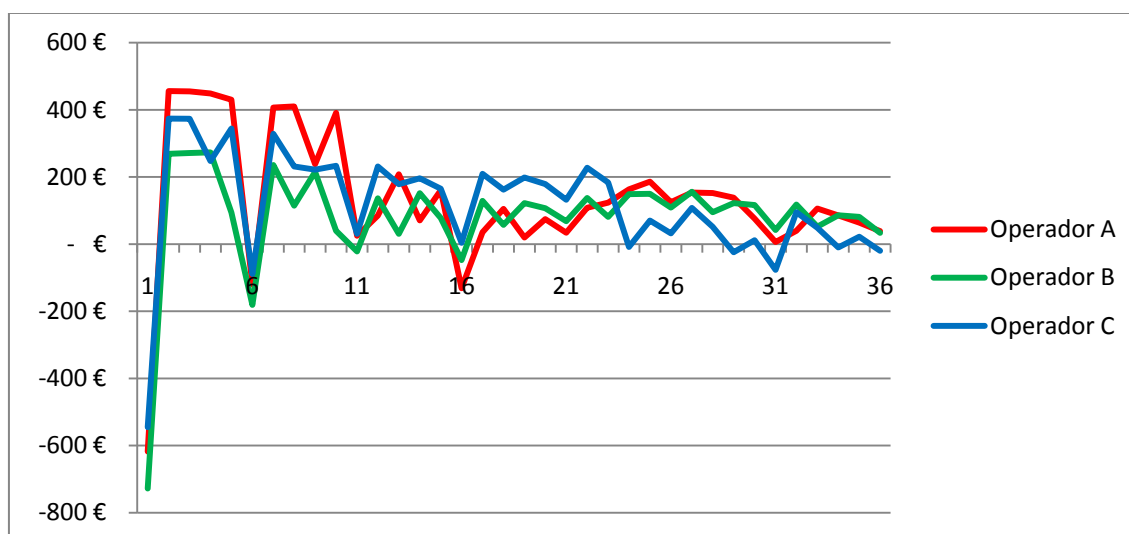


Figura 52 - AMPU de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese A

Da análise da Figura 52 infere-se que o AMPU tem um comportamento muito semelhante para os 3 operadores. Os três operadores apresentam um AMPU inicial bastante negativo, fruto do forte investimento inicial. Também apresentam, ao longo do projecto, intervalos de tempo em que o AMPU volta a ser negativo, o que é fruto de investimento na infra-estrutura, mais concretamente de investimento em itens 3.

5.1.3.7. Resultados económicos mais relevantes

Na tabela seguinte são apresentados os resultados económicos mais relevantes para a avaliação do projecto, para cada operador: TIR, VAL e Período de Recuperação.

| | Operador A | Operador B | Operador C |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| VAL | 14.593.501 € | 11.396.817 € | 20.268.166 € |
| TIR | 70,1% | 30,9% | 60,7% |
| Período de Recuperação | 2 Unidades de tempo | 3 Unidades de tempo | 2 Unidades de tempo |

Tabela 10 – Resultados económicos – Hipótese A

A Figura 53 mostra a evolução ao longo do tempo, do *cash-balance* de cada operador:

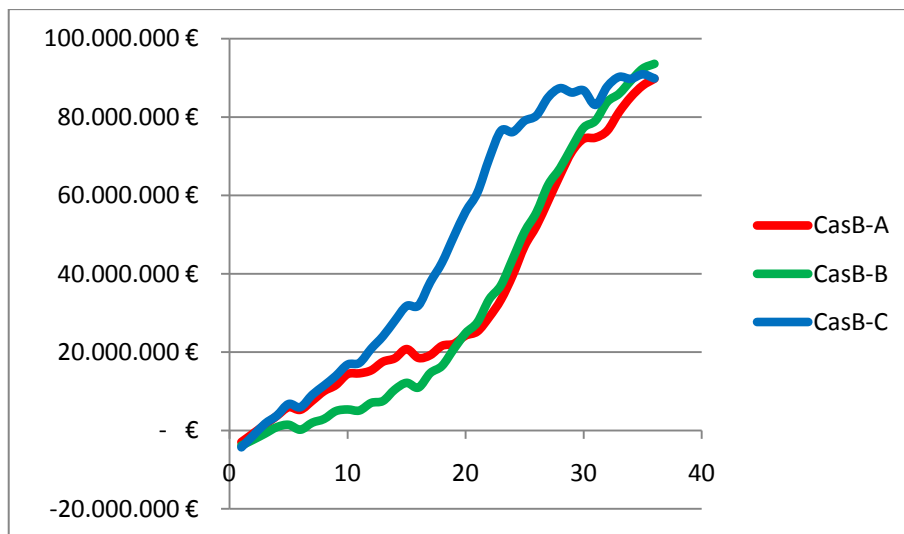


Figura 53 - Evolução do cash-balance dos 3 Operadores ao longo do tempo – Hipótese A

Os operadores A e C começam a apresentar resultados positivos entre a segunda e terceira unidades de tempo. O operador B apenas os apresenta na terceira unidade de tempo, devido ao seu reduzido valor de receitas face aos outros operadores.

Devido ao facto de os investimentos quer de substituição, quer de aquisição de novos equipamentos, fruto de um aumento do número de clientes, serem constantes, os três operadores não vão apresentar um VAL tão elevado quanto seria de esperar. Já a taxa interna de rentabilidade dos operadores A e C é bastante elevada, tornando o projecto atractivo. No que

respeita ao Operador B, esta é bastante inferior (cerca de metade) não deixando contudo de ser bastante razoável.

Através de uma análise das figuras anteriores verificamos que cada operador terá em princípio tomado as decisões correctas, na altura correcta. O Operador A partiu com um plano de tarifários bastante elevado face à concorrência, o que o levou a uma qualidade relativa bastante reduzida, durante o período inicial de 12 unidades de tempo. A maneira que encontrou para fazer face a essa situação, e uma vez que dispunha de bastante *cash-flow* devido às elevadas receitas, foi investir num upgrade à sua infra-estrutura e, passado algum tempo, os resultados desse investimento começaram a surgir.

O Operador B é de todos o menos ousado. Durante o período de estudo optou por uma política de continuidade, sem efectuar qualquer upgrade à sua infra-estrutura e mantendo sempre tarifas bastante inferiores às da concorrência, o que embora lhe tenha permitido ser o operador com maior *cash-balance*, não impediu que na fase final do estudo começasse a perder clientes de uma forma considerável...

Por último, o Operador C optou por fazer *upgrade* à sua infra-estrutura apenas na fase final do projecto de estudo, permitindo-lhe desta forma recuperar o *market share* que vinha a perder desde o início do projecto e assim acabar o estudo como o operador com mais *market share*.

5.2. Hipótese B – Implementação de WiMAX em zonas rurais

5.2.1. Descrição do cenário

Consideremos agora um cenário de uma zona suburbana com 20Km² e cerca de 10mil habitantes, dispersos ao longo desta mesma zona.

Por ser um exemplo de uma zona com baixa densidade populacional, e por ainda não ter qualquer tipo de tecnologia implementada, chegou-se à conclusão que a melhor solução seria a instalação de uma rede FWA (*Fixed Wireless Access*), solução essa que é esquematizada na Figura 54:

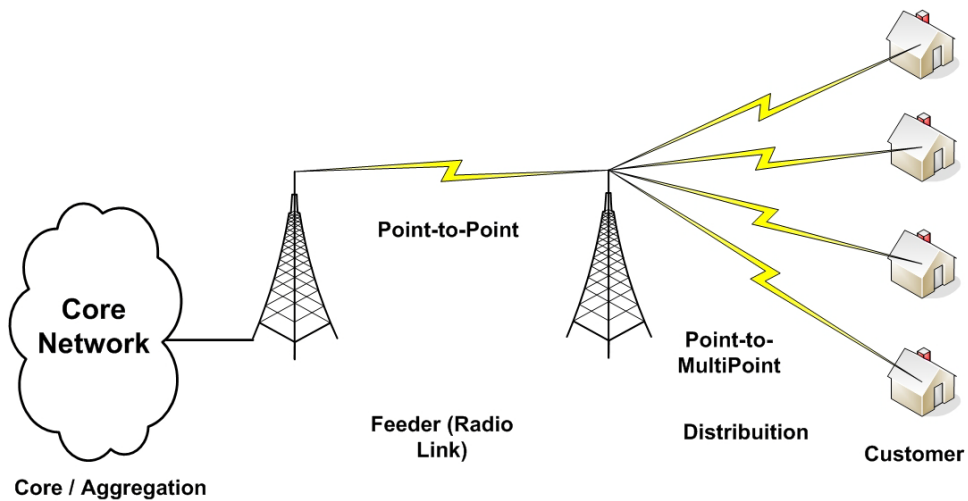


Figura 54 – Rede FWA

Mais uma vez, fez-se uso das ferramentas de cálculo apresentadas no capítulo anterior, para efectuar uma análise tecno-económica deste tipo de topologia de rede.

Assim sendo, dividiu-se novamente a rede em três sectores distintos, sendo eles respectivamente:

- Feeder (Radio Link);
- Ponto de distribuição;
- Casa do cliente.

Os diversos elementos de custo de cada elemento da rede foram concentrados num único item para cada sector, com os respectivos rácios, conforme é ilustrado na Figura 55:

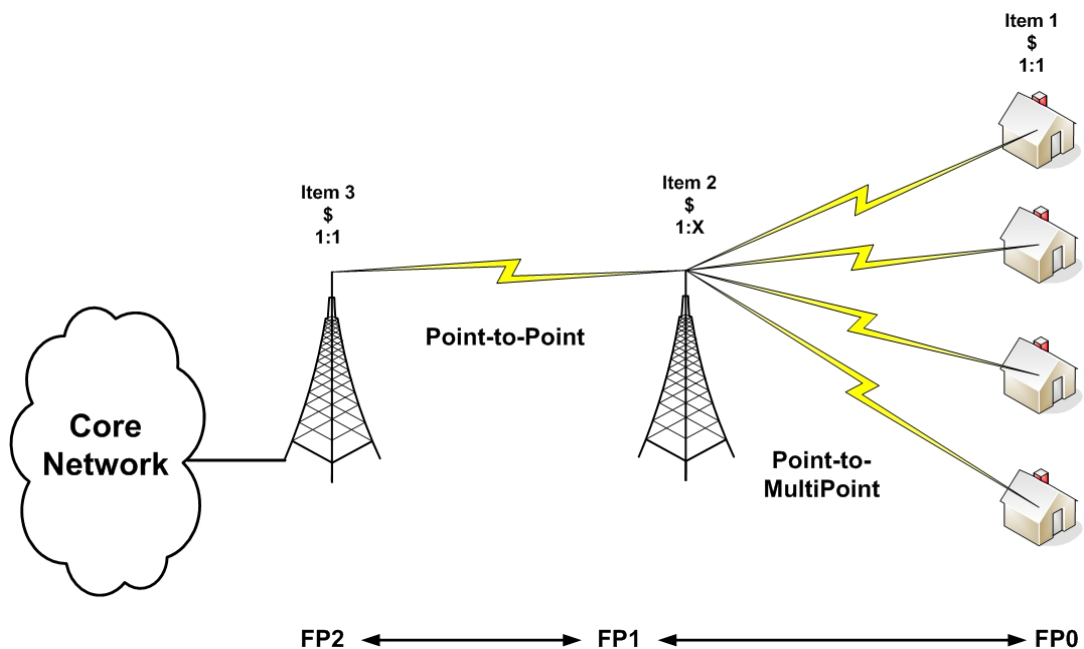


Figura 55 – Solução FWA com os diferentes itens e respectivos rácios

A Tabela 11 mostra esses mesmos itens, acompanhados dos respectivos preços:

| | Custo | Rácio |
|--------------------------------|---------|-------|
| Item 1 (utilizador) | 288€ | 1:1 |
| Item 2 (ponto de distribuição) | 69.000€ | 1:X |
| Item 3 (Feeder) | 20.000€ | 1:1 |

Tabela 11- Custo e rácios de partilha dos vários equipamentos

O rácio do item 2 está dependente da taxa de contenção e da largura de banda que cada operador pretenda dar aos seus clientes. Como no exemplo anterior, partimos do pressuposto que todos os operadores começam com a mesma largura de banda – 4Mb – à qual podem, caso o desejem, fazer um upgrade para 10Mb ao fim das primeiras 12, ou 24 unidades de tempo. Já em relação à taxa de contenção, cada operador é livre de oferecer a que bem entender.

Assim sendo, usemos como exemplo um operador que oferece aos seus clientes dois pacotes com igual largura de banda, mas com diferentes taxas de contenção. No pacote 1 oferece uma taxa de contenção de 6, oferecendo uma taxa de contenção de 12 no pacote 2.

Então, o rácio de itens 2 para este operador, é dado por:

$$\text{Num Itens 2} = 8 \times \frac{25\text{Mb}}{\frac{4\text{Mb}}{6} + \frac{4\text{Mb}}{12}} = 200 \text{ Itens 2} \quad \text{Equação 17}$$

O operador em causa precisará portanto de um novo item 2, e consequentemente um novo item 3, por cada 200 clientes (itens 1) que se ligarem ao seu serviço.

Sendo assim, cada operador poderá oferecer os factores de contenção que considerar mais adequados, acompanhados de uma largura de banda inicial de 4Mb. Esta largura de banda, poderá ser aumentada para 10Mb, o que permitirá ao operador em causa elevar o seu factor de qualidade de mercado relativa e assim ter a hipótese de elevar também a sua quota de mercado. Tal *upgrade* terá a consequência de diminuir o rácio de itens 2, aumentado assim, as despesas do dito operador. A forma como este *upgrade* é feito, fica ao critério de cada um, podendo cada operador fazê-lo de uma forma faseada ou de uma só vez, reflectindo-se estas medidas no seu *cash-balance*.

5.2.2. Análise para 1 Operador

Começamos então por considerar que apenas um operador mostrou interesse em servir esta zona, e que portanto terá a totalidade de mercado na referida área.

Para se efectuar a análise a este tipo de cenário, fez-se uso da ferramenta em *Excel* entretanto criada e introduzida no capítulo anterior.

Há desde já vários cenários a considerar, desde os parâmetros de nível de partida, nível de saturação, *alfa* e *beta* da curva logística que modela o crescimento de mercado, até às várias combinações possíveis de, quando e como o operador efectua o *upgrade* à sua infra-estrutura.

5.2.2.1. Visão global dos investimentos

Mais uma vez, comecemos por analisar o efeito da variação dos parâmetros da curva logística na evolução da quota de mercado do operador em causa.

Novamente consideremos 3 cenários, em que o mercado adere de uma forma mais ou menos rápida ao serviço que o operador tem para oferecer, e vejamos os diferentes resultados que este apresenta:

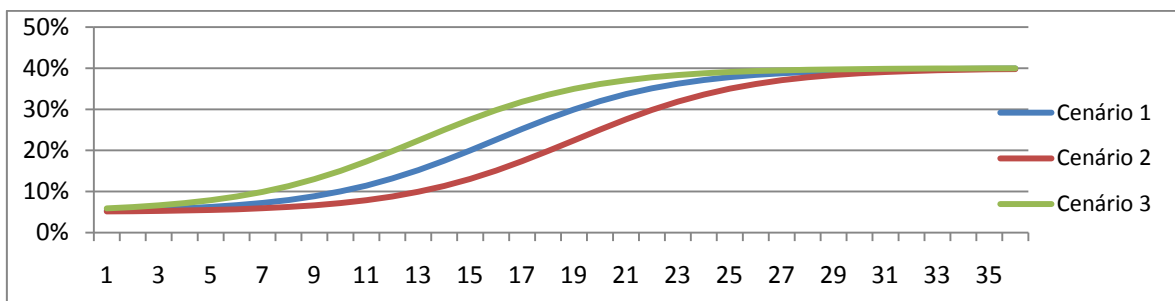


Figura 56 – Diferentes cenários para diferentes velocidades de arranque do mercado

A Figura 57 mostra de que forma a velocidade de arranque de mercado influencia o *CAPEX* do operador em causa:

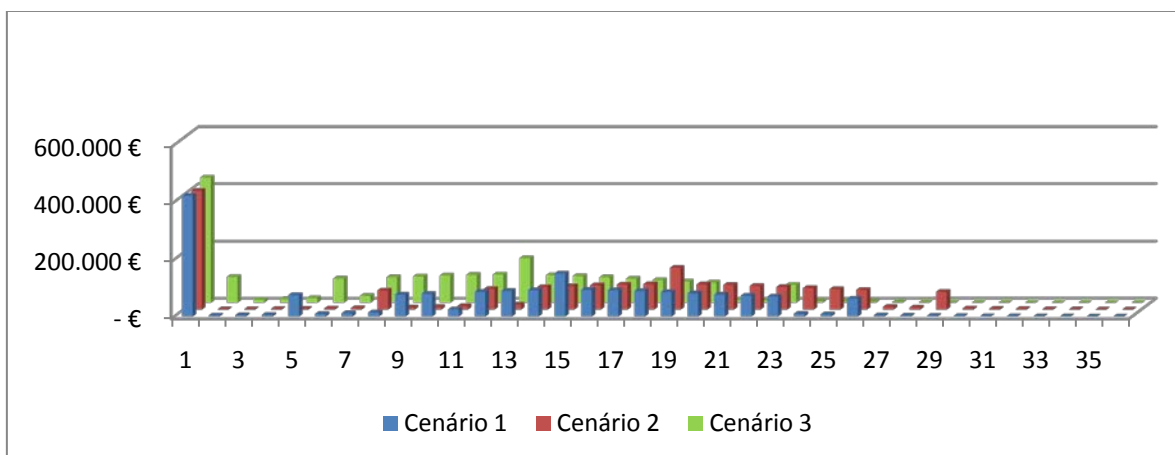


Figura 57 – CAPEX para os diferentes cenários

Através de uma análise da Figura 57, concluímos que os valores de *CAPEX* são semelhantes, e apenas o facto de o mercado arrancar, mais cedo ou mais tarde os influenciará. No entanto e como se trata de um universo de utilizadores muito inferior àquele estudado na hipótese A, as diferenças não são significativas. No entanto, novamente por arrancar primeiro, o

cenário 3 apresenta um investimento inicial superior e também vê a maior fatia dos investimentos realizados, ocorrer mais cedo. Já o cenário 2 é dos três cenários aquele em que os investimentos ocorrem mais tarde, por força de ser também aquele cujo mercado arranca também ele mais tarde. Por último, o cenário 1 (cenário intermédio) apresenta-se com a maior parte dos investimentos a ocorrerem entre os intervalos de tempo em que ocorrem os investimentos dos cenários 2 e 3.

Concluimos portanto que os parâmetros de arranque do mercado não são factor determinante no estudo das diferenças de investimento em CAPEX por parte dos operadores, sendo que novamente, a maneira como o operador investe na sua infra-estrutura e o instante em que o faz, têm maior impacto do que o instante de arranque de mercado. Consideremos então que o operador apenas poderá iniciar o investimento na sua infra-estrutura em duas alturas distintas às quais iremos chamar de instante A e instante B. O instante A dar-se-á no final das primeiras 12 unidades de tempo, e o instante B dar-se-á no final das primeiras 24 unidades de tempo. A Tabela 12 sumariza as diferentes hipóteses que o operador tem para investir na sua infra-estrutura:

| Decisão de Investimento | |
|-------------------------|--|
| Cenário 1 | Operador não investe na infra-estrutura |
| Cenário 2 | Investimento de 100% no instante A |
| Cenário 3 | Investimento de 100% no instante B |
| Cenário 4 | Investimento faseado (10% a cada unidade de tempo) a partir do instante A |
| Cenário 5 | Investimento faseado (10% a cada unidade de tempo) a partir do instante B |
| Cenário 6 | Investimento faseado (50% inicial de 10% a cada unidade de tempo) a partir do instante A |
| Cenário 7 | Investimento faseado (50% inicial de 10% a cada unidade de tempo) a partir do instante B |

Tabela 12 – Descrição das hipóteses de investimento do Operador

Nas figuras seguintes e na Tabela 13, são apresentados vários resultados económicos que podem permitir uma melhor análise dos instantes de investimento e consequente viabilidade do projecto:

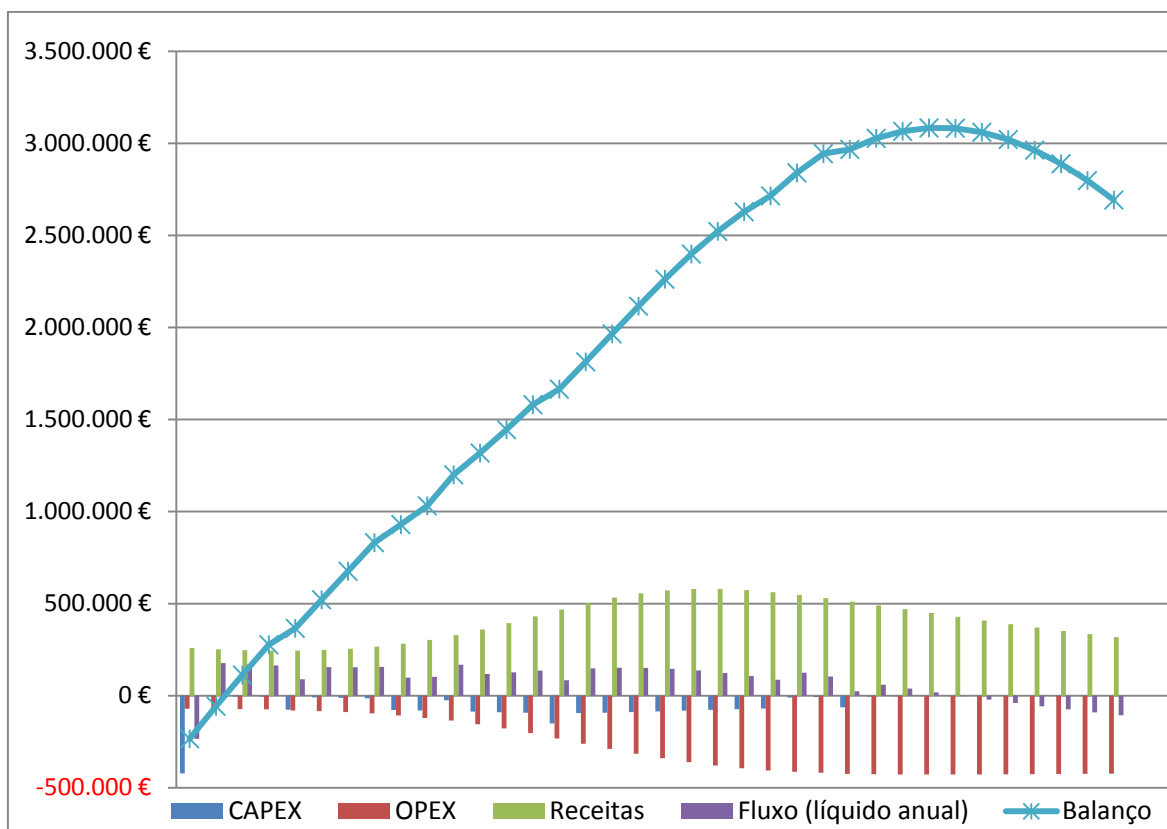


Figura 58 – Resultados económicos para o cenário 1

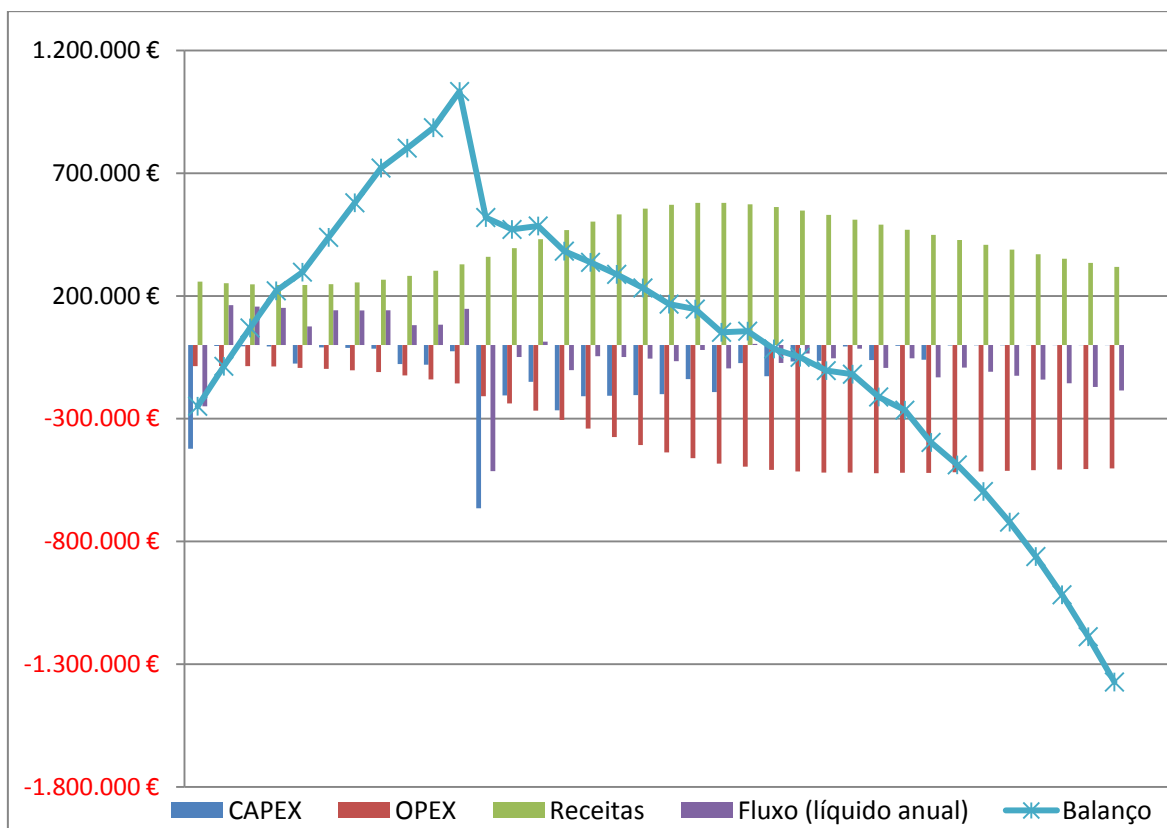


Figura 59 – Resultados económicos para o cenário 2

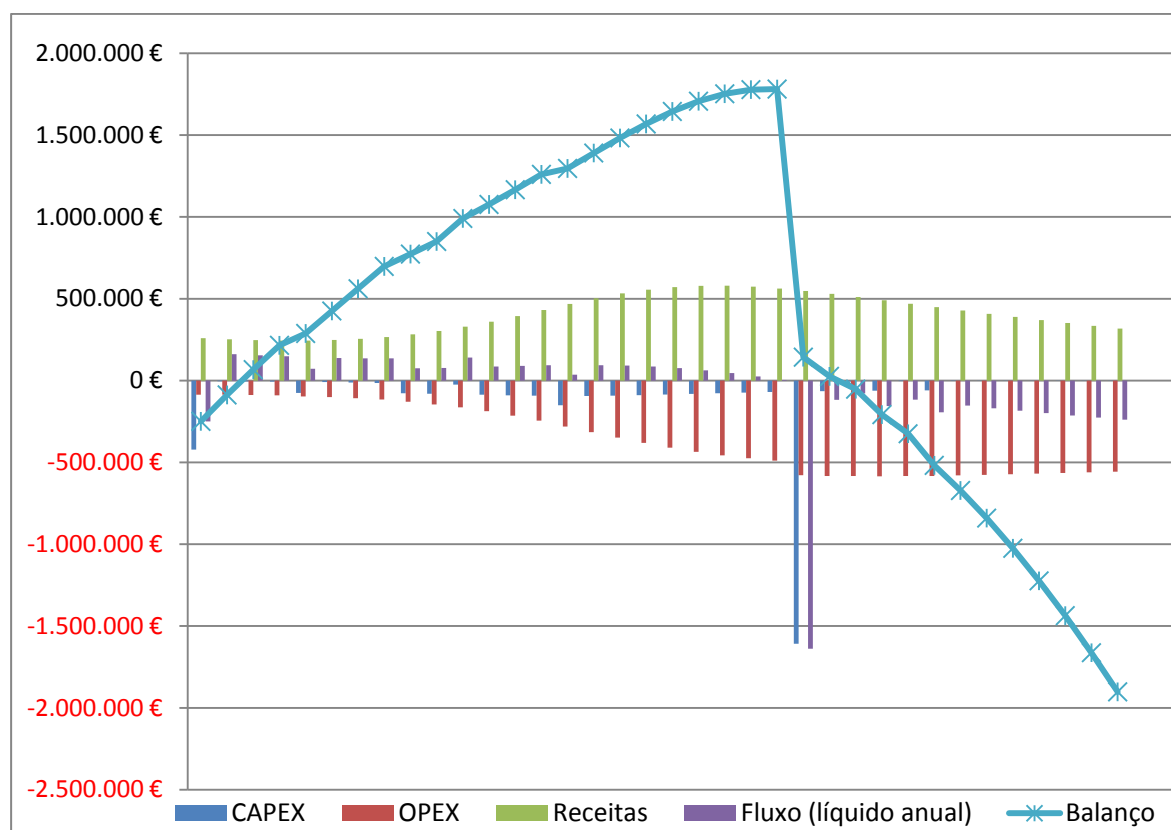


Figura 60 – Resultados económicos para o cenário 3

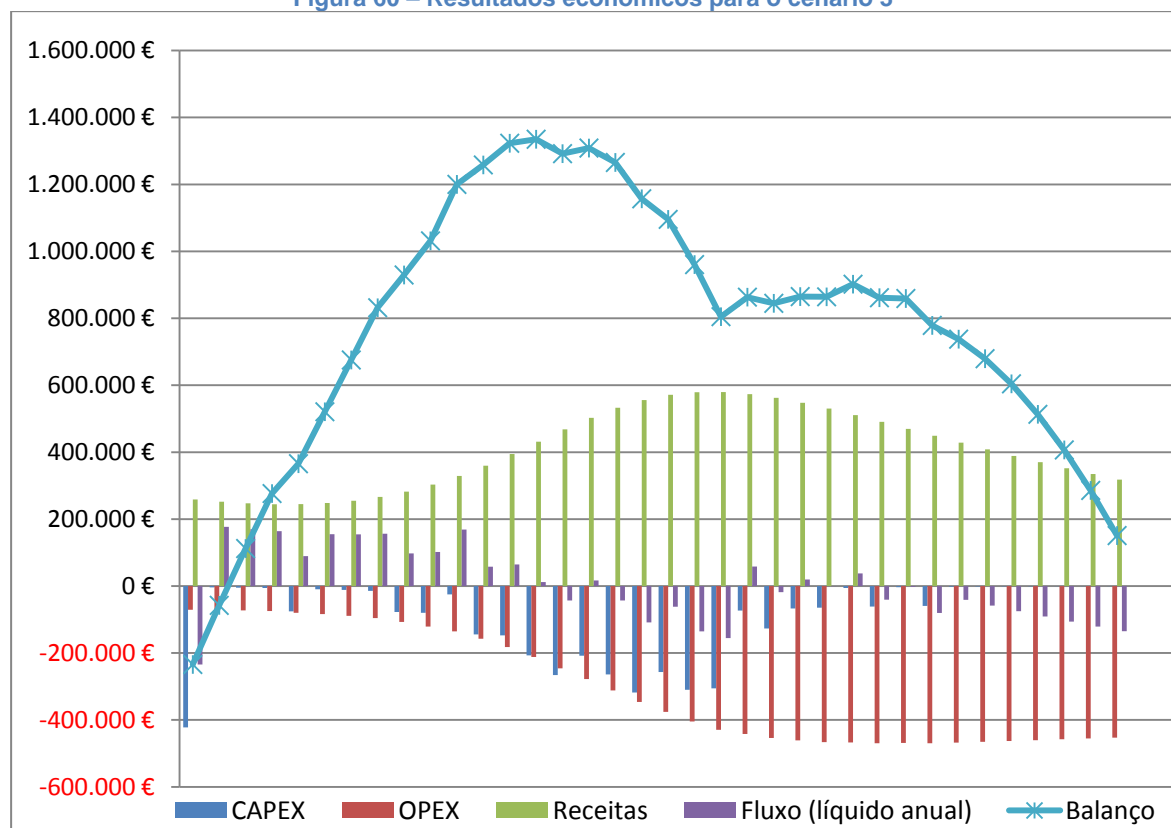


Figura 61 – Resultados económicos para o cenário 4

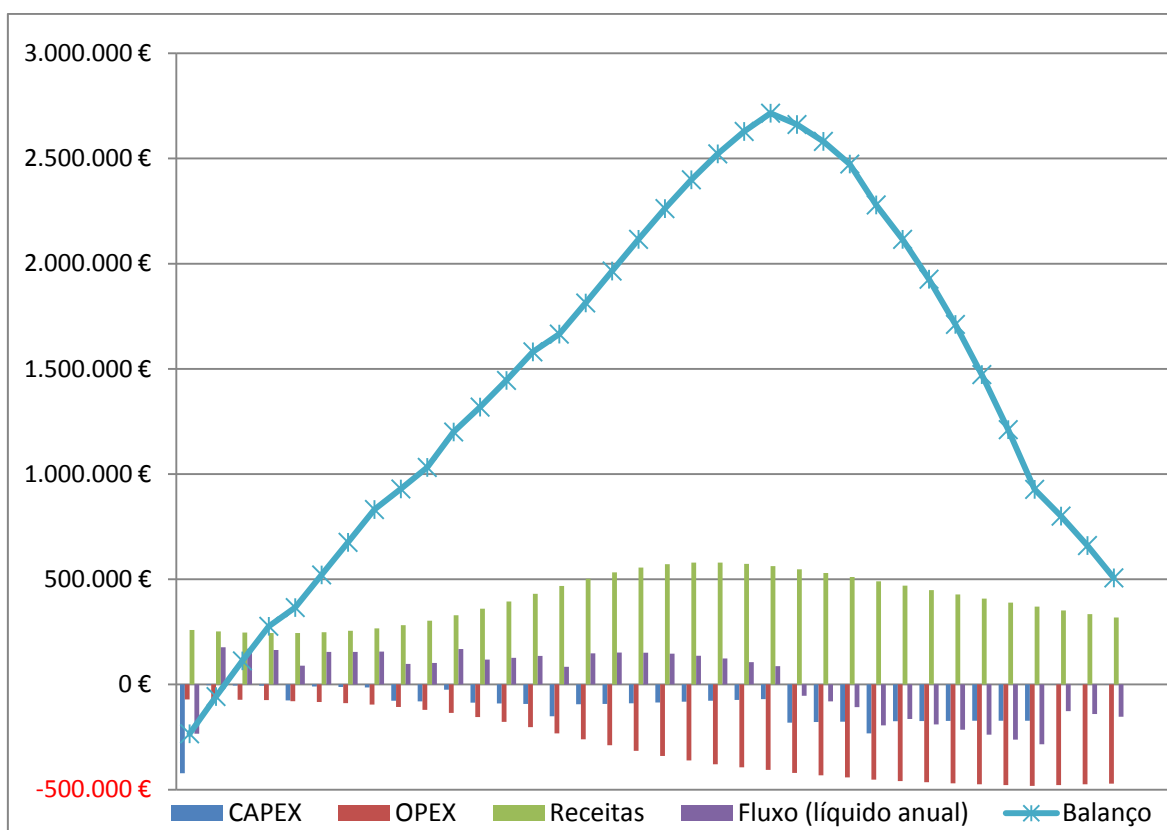


Figura 62 – Resultados económicos para o cenário 5

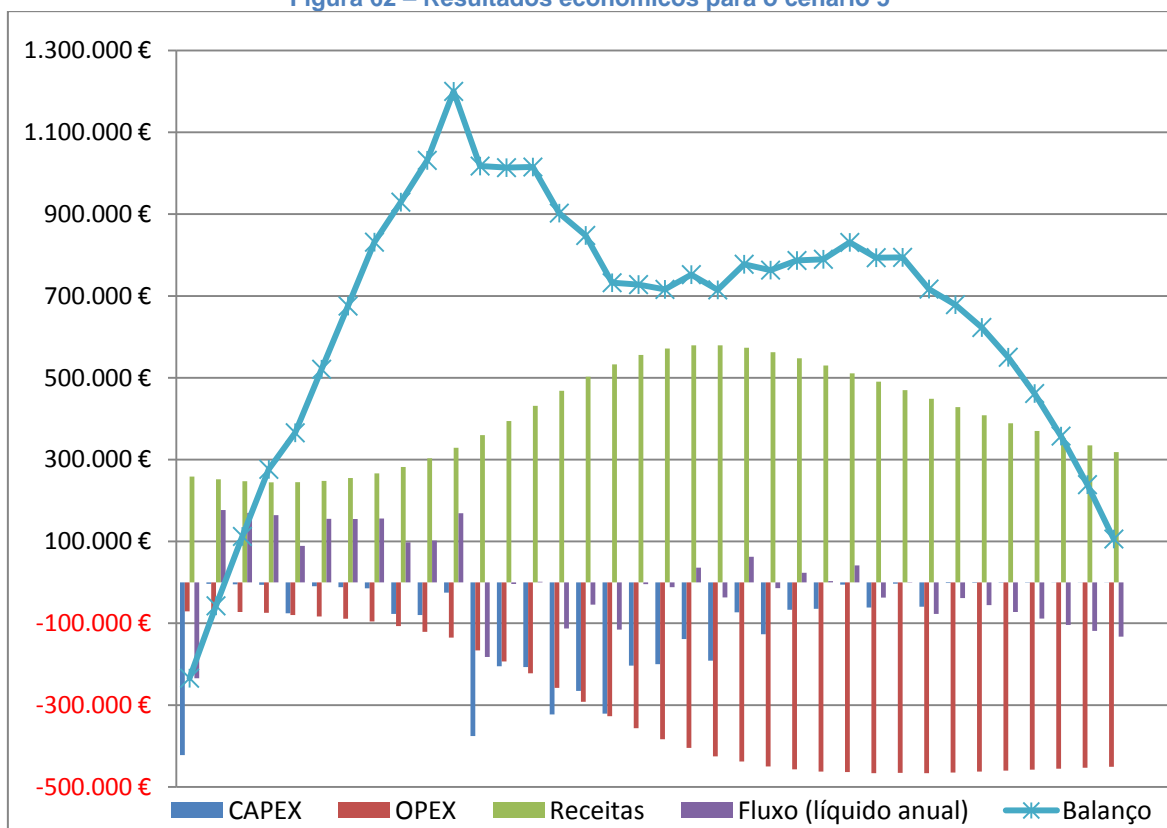


Figura 63 – Resultados económicos para o cenário 6

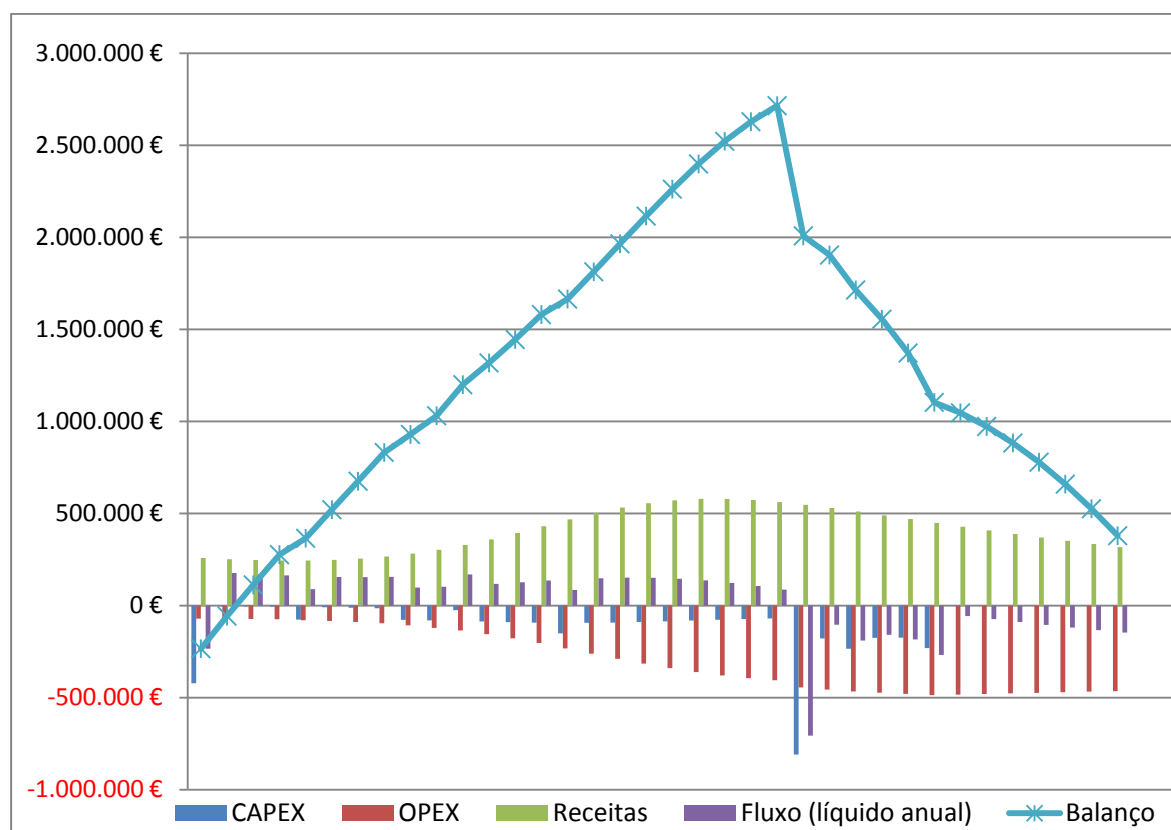


Figura 64 – Resultados económicos para o cenário 7

| | VAL | TIR | Período de Recuperação |
|------------------|-----------|-------|------------------------|
| Cenário 1 | 928.709 € | 69,2% | 2 Unidades de tempo |
| Cenário 2 | 180.421 € | - % | Sem Recuperação |
| Cenário 3 | 388.822 € | - % | Sem Recuperação |
| Cenário 4 | 538.683 € | 69,0% | 2 Unidades de tempo |
| Cenário 5 | 786.960 € | 69,2% | 2 Unidades de tempo |
| Cenário 6 | 464.467 € | 68,7% | 2 Unidades de tempo |
| Cenário 7 | 742.176 € | 69,2% | 2 Unidades de tempo |

Tabela 13 – Resultados económicos relevantes para os diferentes cenários

Através de uma análise das figuras anteriores e da Tabela 13, conseguimos concluir que para o operador o melhor cenário é mais uma vez (e como esperado) aquele em que não investe na sua infra-estrutura, uma vez que é aquele no qual obtém um maior balanço no final do projecto. De uma forma geral, caso o operador opte por um investimento na sua infra-estrutura este deverá ser sempre feito de forma a ser o mais faseada possível, uma vez que, caso assim não seja, nunca recuperará o seu investimento.

5.2.3. Análise para 3 Operadores

No ponto anterior, tal como para a hipótese A, considerou-se que apenas existia um operador na zona em análise, pelo que seria bastante fácil para este ter sucesso, uma vez que caso um cliente estivesse interessado em instalar um serviço de internet, teria forçosamente que recorrer ao único operador na zona.

Consideremos agora um cenário em que na mesma zona estão presentes não apenas um, mas três operadores distintos, todos eles lutando entre si pela maior quota de mercado. Neste caso, cada operador terá que se preocupar com a qualidade de serviço que presta aos seus clientes, sob pena que caso esta seja inferior à qualidade de serviço oferecida pelos seus concorrentes, o operador em causa corra sérios riscos de ver os seus clientes prescindirem do seu serviço, para começarem a utilizar o serviço de outros operadores. Conforme referido, a qualidade de cada operador é bastante importante e o vector que a define tem como parâmetros as tarifas que cobram aos seus clientes (tarifa de instalação do serviço e tarifa anual), a largura de banda e a taxa de contenção que oferecem, e ainda um parâmetro que define o sobre carregamento da rede do operador, o que conduz a uma menor qualidade de serviço. Cada operador deverá portanto tentar manter a sua qualidade relativa o mais alta possível, quer oferecendo a melhor taxa de contenção possível, quer praticando tarifas mais reduzidas que os seus concorrentes, quer ainda investindo na sua infra-estrutura, a fim de poder oferecer uma maior largura de banda aos seus clientes. Este *upgrade*, deverá contudo ser bastante bem pensado uma vez que embora possa melhorar bastante a qualidade de serviço do operador em causa, e conseqüente o seu *market-share*, também poderá ter um efeito adverso caso o operador não consiga recuperar o investimento realizado (se praticar, por exemplo, tarifas excessivamente reduzidas).

5.2.3.1. Visão global dos investimentos

Face a este cenário, vamos agora abordar uma visão global dos investimentos de cada operador. Mais uma vez, partiremos com o pressuposto de que a nossa situação inicial de mercado é a descrita na Tabela 14. Consideremos novamente que não temos conhecimento do conjunto de situações que levou a uma configuração inicial de mercado como esta, podendo ter tido influência do *marketing*, publicidade, mais confiança por parte dos utilizadores, etc.

| | Operador A | Operador B | Operador C |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|
| Nº Utilizadores | 2000 | 3000 | 5000 |
| Tarifa de Instalação Inicial | 25€ | 25€ | 50€ |
| Tarifa Anual Pacote 1 | 600€ | 480€ | 540€ |
| % Utilizadores Pacote 1 | 60% | 70% | 50% |
| Factor Contenção Pacote 1 | 6 | 10 | 8 |
| Tarifa Anual Pacote 2 | 420€ | 300€ | 360€ |
| % Utilizadores Pacote 2 | 40% | 30% | 50% |
| Factor Contenção Pacote 2 | 12 | 20 | 16 |

Tabela 14 – Situação Inicial de Mercado

A Figura 65 mostra a situação inicial de mercado para cada operador:

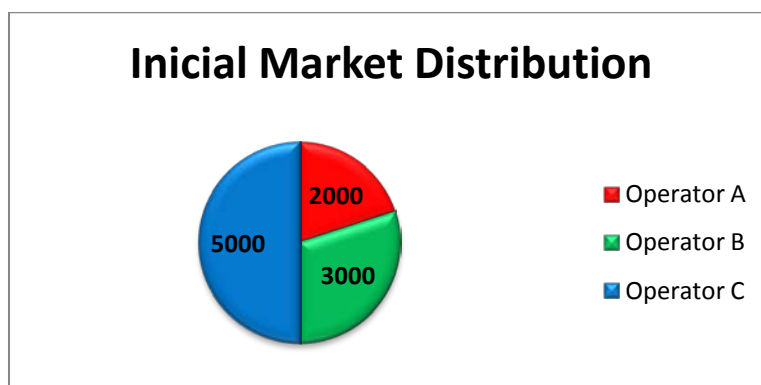


Figura 65 – Situação inicial de mercado

Passadas as primeiras 12 unidades de tempo, o Operador A faz um balanço e chega à conclusão que embora seja o operador que apresenta o melhor serviço (melhor taxa de contenção) é também aquele que cobra as tarifas mais altas do mercado, e talvez por isso não tenha ganho quota de mercado como seria de esperar. Assim sendo, opta por melhorar ainda mais o seu serviço, aumentando a sua largura de banda para 10Mb, na expectativa de que tal medida lhe permita aumentar bastante a sua quota de mercado e, consequentemente, o seu *cash-balance*. Este *upgrade* será feito faseadamente, investindo inicialmente apenas em 50% da infraestrutura, aumentando-a seguidamente em 10% ao ano, por forma a que o investimento não se faça sentir de uma forma tão brusca no seu *cash-balance*. O Operador A opta também por manter as suas tarifas, confiante de que a qualidade do seu serviço assim o justifica.

A aposta do Operador B foi totalmente diferente. No seu entender, os habitantes da zona na qual oferece o seu serviço, não necessitam de uma taxa de contenção tão boa quanto a que o Operador A oferece, pelo que a aposta deste operador recaiu sobre um serviço com maiores taxas de contenção, com a contra-partida de ser bastante mais económico que o serviço oferecido pelos seus concorrentes. Passadas as primeiras 12 unidades de tempo, o balanço feito por este operador, é bastante positivo. Apresenta um *market-share* bastante próximo daquele apresentado pelo Operador C (líder de mercado), mas contrariamente a este apresenta também uma

perspectiva de aumento de quota de mercado, pelo que aposta numa política de continuidade, não fazendo quaisquer alterações ao serviço que oferece aos seus clientes.

O Operador C apresenta-se nesta região como um misto dos Operadores A e B. Se por um lado o seu serviço não apresenta taxas de contenção tão boas quanto aquelas que são aplicadas pelo Operador A, não são tão más quanto as oferecidas pelo Operador B e as tarifas que cobra aos seus clientes, demonstram isso mesmo. No entanto esta aposta de “meio termo” não parece estar a resultar, e embora ainda seja líder de mercado, o Operador C vê a sua posição ameaçada pelos seus concorrentes, mais precisamente pelo Operador B. Apesar disso, e como ainda é líder de mercado, o Operador C apenas opta por reduzir a tarifa de instalação do seu serviço para cerca de metade, esperando desta forma conseguir pelo menos minimizar as perdas que tem sofrido ao longo destas primeiras 12 unidades de tempo.

As decisões tomadas pelos três operadores, no final das primeiras 12 unidades de tempo, estão evidenciadas na Tabela 15:

| | Operador A | Operador B | Operador C |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Tarifa de Instalação | Sem alterações | Sem alterações | 25€ |
| Tarifa Anual Pacote 1 | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| % Utilizadores Pacote 1 | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| Tarifa Anual Pacote 2 | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| % Utilizadores Pacote 2 | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| Upgrade à infra-estrutura | SIM | NÃO | NÃO |

Tabela 15 – Opções de cada Operador ao fim das primeiras 12 unidades de tempo

Passadas as segundas 12 unidades de tempo, a situação de mercado inverteu-se completamente. A aposta do Operador A, em oferecer a melhor qualidade possível aos seus clientes resultou bastante bem e aquele que no início do projecto detinha a menor quota de mercado, é agora líder destacado e com expectativas de reforçar esta posição de dia para dia. A sua decisão recai sobre manter o seu serviço tal e qual como está e continuar a apostar na qualidade para satisfazer os seus clientes, sendo a sua única decisão, a de oferecer a tarifa de instalação do seu serviço.

O Operador B, que nas 12 primeiras unidades de tempo vinha ganhando quota de mercado, viu esta situação inverter-se a partir do momento em que o Operador A começou a oferecer uma largura de banda de 10Mb aos seus clientes. Talvez desiludidos com as medíocres taxas de contenção oferecidas, ou até com a pouca largura de banda oferecida face ao Operador A, o Operador B viu os seus utilizadores desistirem do seu serviço, optando pelo serviço oferecido pelo Operador A. A sua expectativa é a de que a redução das tarifas dos pacotes de serviços por si oferecidos possa ter efeito positivo e desta forma voltar a recuperar os seus antigos clientes. Assim sendo, opta por reduzir para 350€uros anuais a tarifa do seu pacote 1, e para 200€uros anuais a tarifa do seu pacote 2, tornando também gratuita a adesão ao seu serviço.

Quanto ao Operador C, viu a sua política de “meio-termo” fracassar, uma vez que aquele que partiu como líder de mercado é nesta altura aquele que detém uma menor quota do mesmo. Por forma a inverter rapidamente esta situação, opta por melhorar 80% da sua infra-estrutura de imediato e oferecer a instalação do seu serviço, tentando assim melhorar rapidamente a sua qualidade relativa de serviço e começar novamente a ganhar quota de mercado.

A Tabela 16 resume as decisões tomadas por cada operador no final das primeiras 24 unidades de tempo:

| | Operador A | Operador B | Operador C |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Tarifa de Instalação | Gratuita | Gratuita | Gratuita |
| Tarifa Anual Pacote 1 | Sem alterações | 350€ | Sem alterações |
| % Utilizadores Pacote 1 | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| Tarifa Anual Pacote 2 | Sem alterações | 200€ | Sem alterações |
| % Utilizadores Pacote 2 | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| Upgrade à infra-estrutura | NÃO | NÃO | SIM |

Tabela 16 – Opções de cada Operador ao fim das primeiras 24 unidades de tempo

Chegados ao final deste caso de estudo (36 unidades de tempo) constatamos que o Operador A continua líder de mercado e a reforçar de dia para dia esta tendência, ao passo que as baixas tarifas já não chegam para o Operador B esconder as suas medíocres taxas de contenção, continuando por isso em perda permanente e com más perspectivas de futuro. Contrariamente ao que seria previsível, o *upgrade* levado a cabo pelo Operador C permitiu-lhe reentrar na luta e anular uma das suas fraquezas face ao operador A (menor largura de banda oferecida). Com uma tarifa mais baixa que o seu rival, e também com pior taxa de contenção, o Operador C parece ter encontrado um ponto de equilíbrio e chega ao final deste estudo de caso a recuperar o *market-share* que havia perdido ao longo do tempo.

Chegados ao final do tempo de estudo, a situação final de mercado é a mostrada na Figura 66:

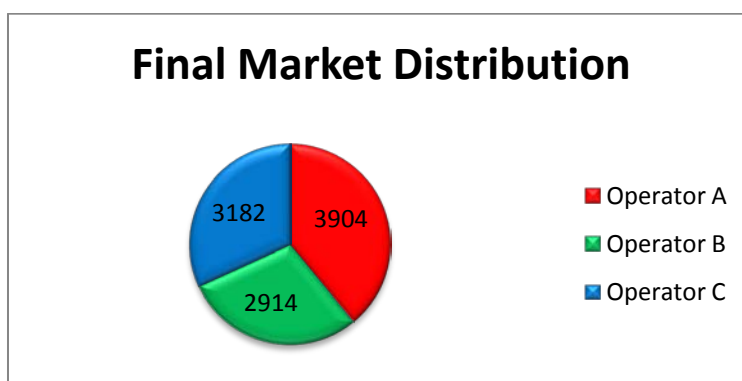


Figura 66 – Situação final de mercado

A Figura 67 e a Figura 68 mostram a evolução do *market-share* dos três operadores ao longo do período de estudo:

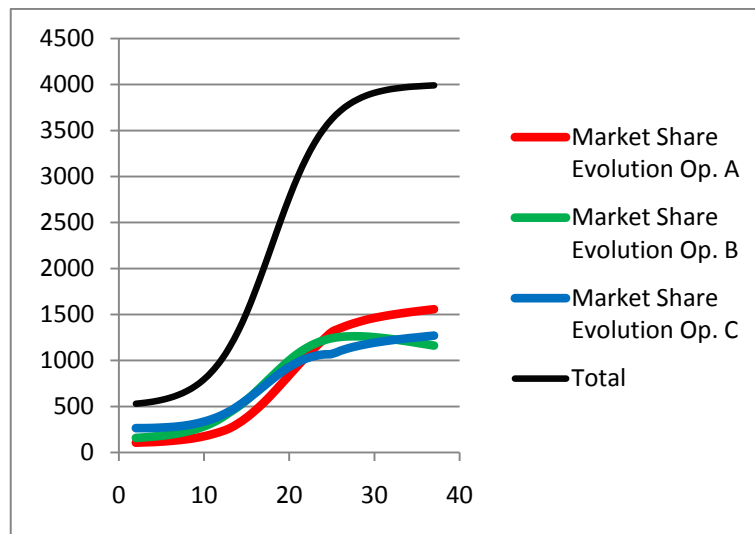


Figura 67 – Market Share Evolution (I) – Hipótese B

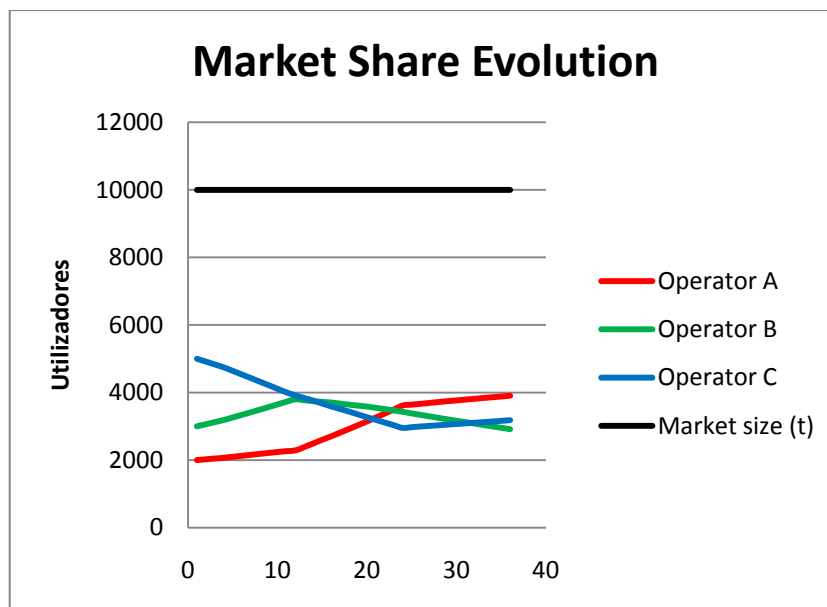


Figura 68 – Market Share Evolution (II) – Hipótese B

5.2.3.2. CAPEX

Os investimentos realizados para a aquisição ou substituição de equipamento, por cada operador para esta hipótese, ao longo do período de duração do projecto encontram-se ilustrados na Figura 69:

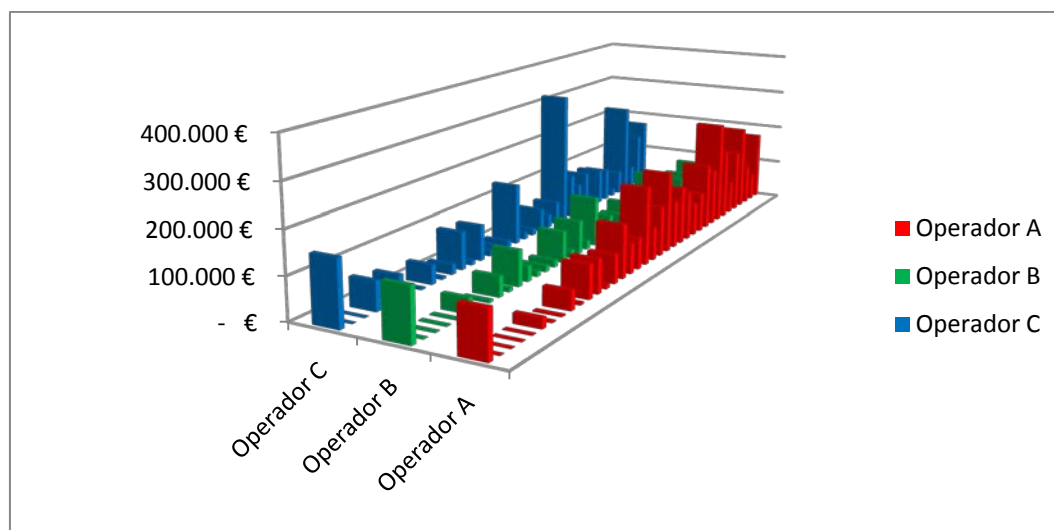


Figura 69 – Evolução do CAPEX dos 3 operadores durante o período de estudo - Hipótese B

Através de uma análise desta figura, verificamos que contrariamente ao que se passou no caso de estudo anterior, os investimentos aqui diferem ligeiramente. A partir do momento em que faz o *upgrade* à sua infra-estrutura, *upgrade* esse que lhe irá permitir ser líder de mercado, o CAPEX do Operador A aumenta bastante, mantendo-se sempre elevado até ao final do período de estudo.

Quanto ao Operador B, não apresenta grandes investimentos em Capex, uma vez que não só é aquele que perderá utilizadores ao longo do período de estudo, mas também aquele que oferece piores taxas de contenção, permitindo-lhe desta forma aumentar consideravelmente o rácio de cada item 2 e assim reduzir os investimentos na sua infra-estrutura.

A parte do gráfico relativa ao Operador C, é como também é a sua estratégia de mercado, um misto dos gráficos dos operadores A e B, possuindo apenas um grande pico, na altura em que o Operador decide, no final das primeiras 24 unidades de tempo, investir fortemente num *upgrade* à sua infra-estrutura, levando a um aumento do seu *market-share* e consequente aumento de CAPEX na fase final do estudo.

5.2.3.3. OPEX

Os gastos operacionais de cada operador, durante o período de duração do projecto encontram-se ilustrados na Figura 70:

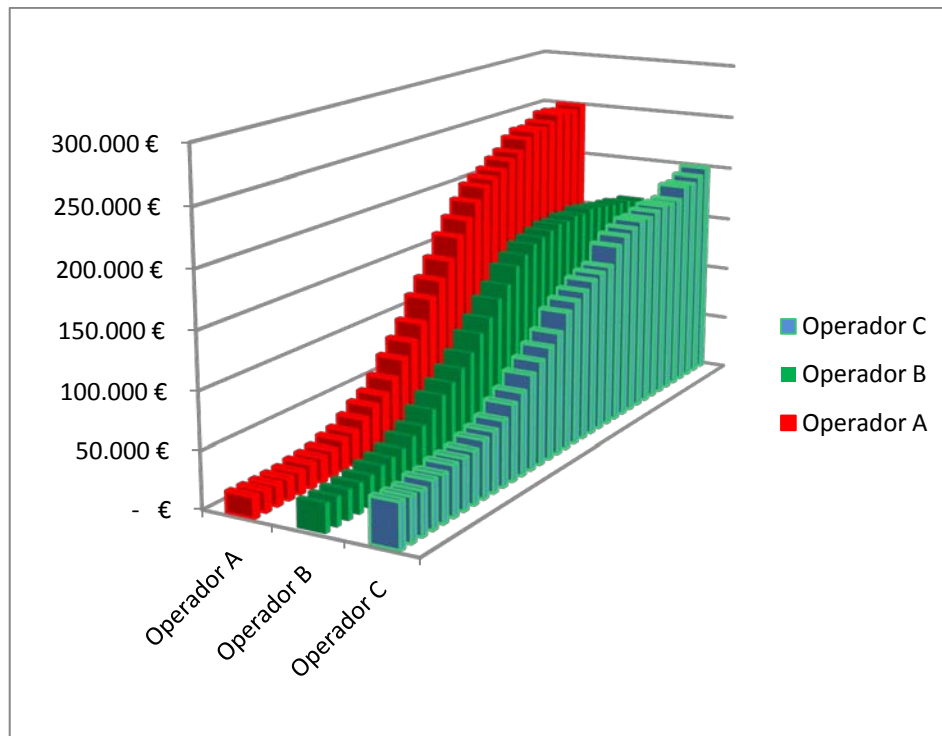


Figura 70 – Evolução do OPEX dos 3 operadores durante o período de estudo - Hipótese B

Através de uma análise ao gráfico da figura anterior, constatamos que os gastos operacionais dos três operadores são semelhantes e todos apresentam um comportamento também semelhante ao longo do tempo. Tal comportamento deve-se ao facto de nos gastos de *OPEX* se considerar uma percentagem do *CAPEX* acumulado, e como este aumenta ao longo do tempo, é expectável que o *OPEX* aumente também. Nos gastos operacionais, também se entra em conta com uma despesa fixa por cada utilizador, logo devido a estes dois parâmetros é esperado que o Operador A (líder de mercado e com mais *CAPEX* acumulado) seja aquele que maior despesa em *OPEX* apresente, seguido pelo Operador C, e por último pelo Operador B.

5.2.3.4. Receitas

As receitas para cada operador, durante o período de estudo do projecto, encontram-se na Figura 71:

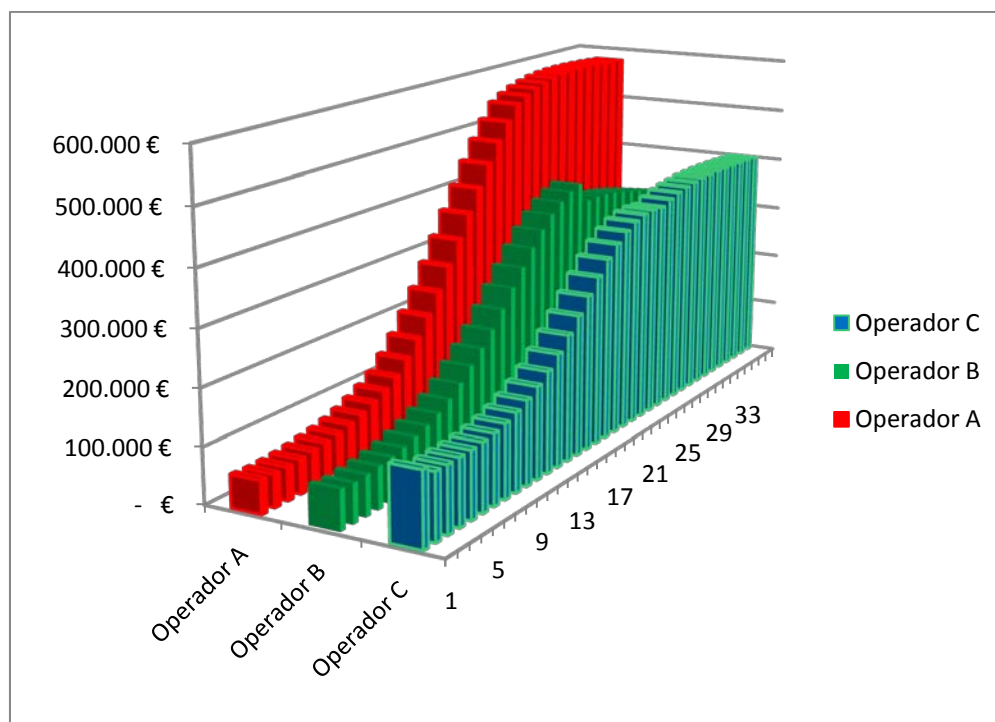


Figura 71 – Receitas de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese B

O gráfico da Figura 71 reflecte as movimentações de mercado existentes ao longo do período de estudo. O Operador C, que inicialmente detém o maior *market-share*, obtém também a maior fatia das receitas, seguido pelos Operadores A e B. Seguidamente, nota-se um aumento mais ou menos constante das receitas de cada Operador, até perto das 19 unidades de tempo, altura em que o Operador A embora ainda não sendo líder de mercado, consegue obter um maior valor em receitas devido às tarifas por si praticadas. Por altura das 24 unidades de tempo, notamos uma quebra nas receitas do Operador B, eventualmente fruto do forte investimento, e consequente aumento de qualidade relativa de mercado, levado a cabo pelo Operador C.

Na fase final do estudo, há tendência para uma estagnação do valor das receitas anuais, tornando-se mais ou menos constante ao longo do tempo.

5.2.3.5. ARPU

A Figura 72 ilustra-nos o ARPU relativo aos 3 operadores, durante a fase de estudo do projecto:

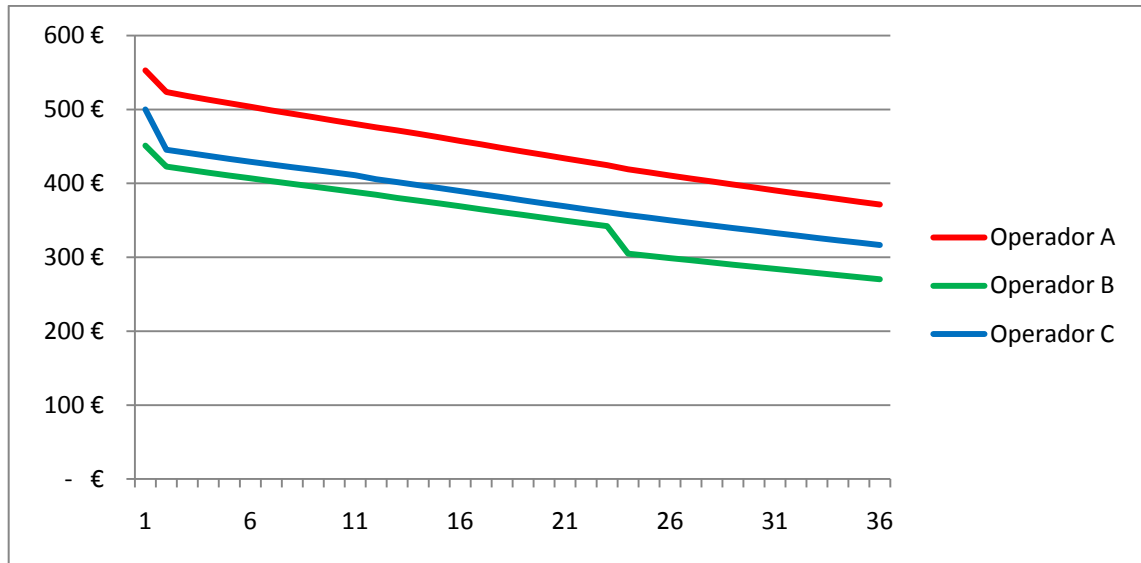


Figura 72 - ARPU de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese B

Analisando a Figura 72, conclui-se que o ARPU dos operadores decresce ao longo do tempo de uma forma mais ou menos constante, o que é explicado pela erosão das tarifas dos serviços que cada operador oferece. De destacar uma descida acentuada do ARPU do Operador B, por volta das 24 unidades de tempo, altura em que reduz as suas tarifas para tentar combater os outros operadores, aposta que como se viu anteriormente acabou por não surtir efeito.

5.2.3.6. AMPU

A Figura 73 mostra-nos o AMPU apresentado pelos 3 operadores, para o período de estudo considerado:

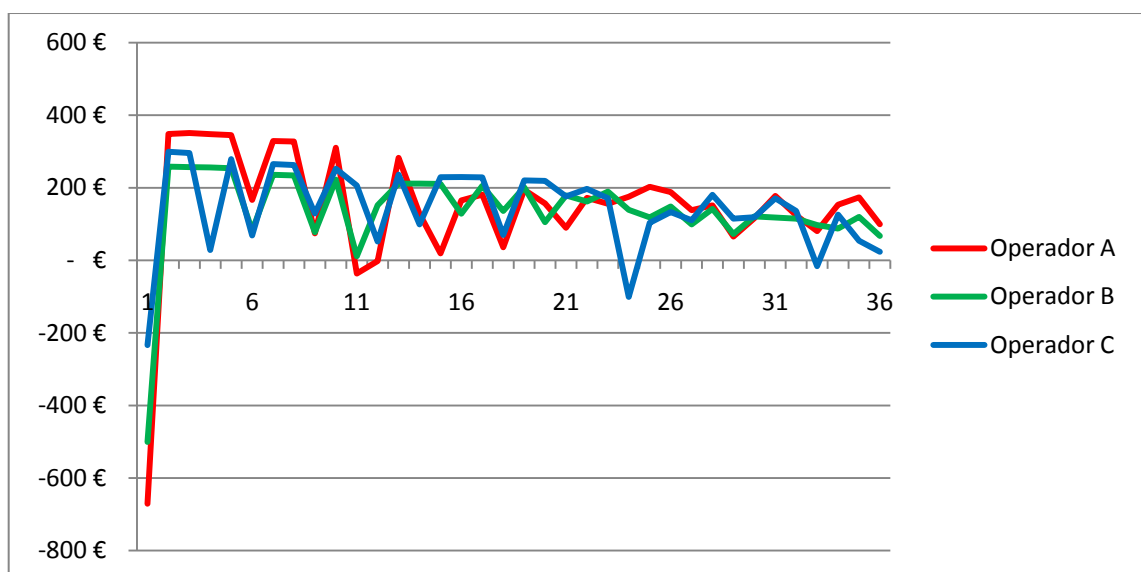


Figura 73 - AMPU de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese B

Analisando a Figura 73, começamos por ver que os 3 operadores apresentam um AMPU inicial negativo, fruto do elevado investimento inicial necessário para colocar a infra-estrutura a funcionar. Ao longo do projecto, é comum aos 3 operadores apresentarem instantes em que o seu AMPU decresce bastante, o que é fruto de novos investimentos na infra-estrutura, necessários uma vez que o número de utilizadores se encontra a aumentar. Destaque para os instantes 12 e 24, onde respectivamente os operadores A e C apresentam um AMPU negativo. Este valor deve-se ao facto de ser nestes instantes em que respectivamente o Operador A e o Operador C efectuem um *upgrade* à sua infra-estrutura.

5.2.3.7. Resultados económicos mais relevantes

Na Tabela 17 são apresentados os resultados económicos mais relevantes para a avaliação do projecto, para cada operador: TIR, VAL e Período de Recuperação.

| | Operador A | Operador B | Operador C |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| VAL | 501.790 € | 596.510 € | 686.163 € |
| TIR | 54,6% | 55,3% | 111,5% |
| Período de Recuperação | 2 Unidades de tempo | 2 Unidades de tempo | 1 Unidade de tempo |

Tabela 17 – Resultados económicos – Hipótese B

A Figura 74 mostra a evolução ao longo do tempo, do *cash-balance* de cada operador:

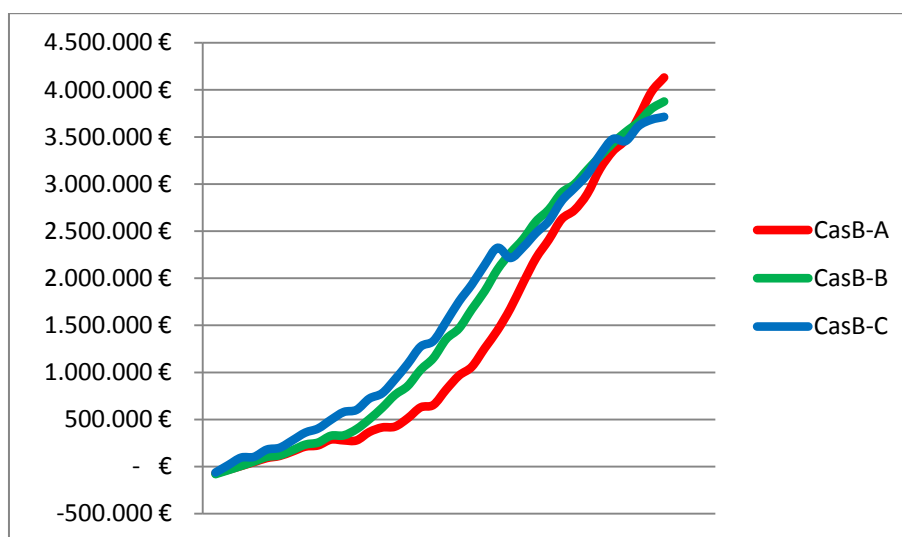


Figura 74 – Evolução do cash-balance dos 3 Operadores ao longo do tempo – Hipótese B

Os três operadores começam a apresentar resultados positivos entre a primeira e segunda unidades de tempo.

Devido ao facto de este caso de estudo não englobar um número elevado de possíveis clientes, quando comparado com a hipótese A, os três operadores não vão apresentar um VAL

muito elevado. Já a taxa interna de rentabilidade dos três operadores é bastante atractiva, com destaque para a TIR do Operador C, que é sensivelmente o dobro da TIR apresentada pelos seus concorrentes.

Através de uma análise dos gráficos das figuras anteriores verificamos que, contrariamente ao que se passou na hipótese A, terão aqui havido alguns erros estratégicos por parte de alguns Operadores. Se a estratégia do Operador A resultou em pleno, esse sucesso muito se deve à má estratégia levada a cabo pelos Operadores B e C, principalmente pela estratégia deste último que no final das 12 primeiras unidades de tempo sendo líder de mercado e líder em *cash-balance* deveria de imediato ter tentado reforçar ainda mais a sua posição, e quem sabe deixar definitivamente para trás a concorrência, com um *upgrade* à sua infra-estrutura. Tal erro, levou a que passasse por dificuldades na parte final do período de estudo, tendo optado por fazer um grande investimento por esta altura, o que se veio a reflectir no seu *cash-balance*. O Operador B, cedo se devia ter apercebido que as suas reduzidas tarifas não eram suficientes para esconder o seu mau serviço, serviço que deveria ter também tentado melhorar com um *upgrade* à sua infra-estrutura, fosse ele nas primeiras ou nas segundas 12 unidades de tempo.

De destacar que apesar de tudo, os três operadores chegam ao final do período de estudo com *cash-balances* semelhantes. Tal facto, deve-se em princípio à relação existente entre CAPEX (e consequentemente OPEX) e receitas. Se por um lado o Operador A é quem investe mais, é por outro lado também ele que pratica as tarifas mais elevadas, podendo desta forma “compensar” o investimento realizado. Já o Operador B, embora não apresente grandes investimentos, apresenta sim receitas bastante inferiores às apresentadas pelo Operador A, facto que explica a semelhança de *cash-balances*. Mais uma vez, o Operador C também aqui se mantém com um equilíbrio entre os Operadores A e B, apresentando no entanto um *cash-balance* inferior aos seus concorrentes, fruto do investimento feito na sua infra-estrutura e consequente aumento de *market-share*.

5.3. Hipótese C – Adopção de UMTS e posterior migração para LTE

5.3.1. Descrição do cenário

Consideremos agora uma zona suburbana com 20Km² na qual residem cerca de 13mil habitantes, dispersos ao longo desta zona. Numa tentativa de fazer chegar banda larga móvel a esta zona, optou-se pela implementação de uma solução de rede UMTS. A rede em questão encontra-se esquematizada na Figura 75:

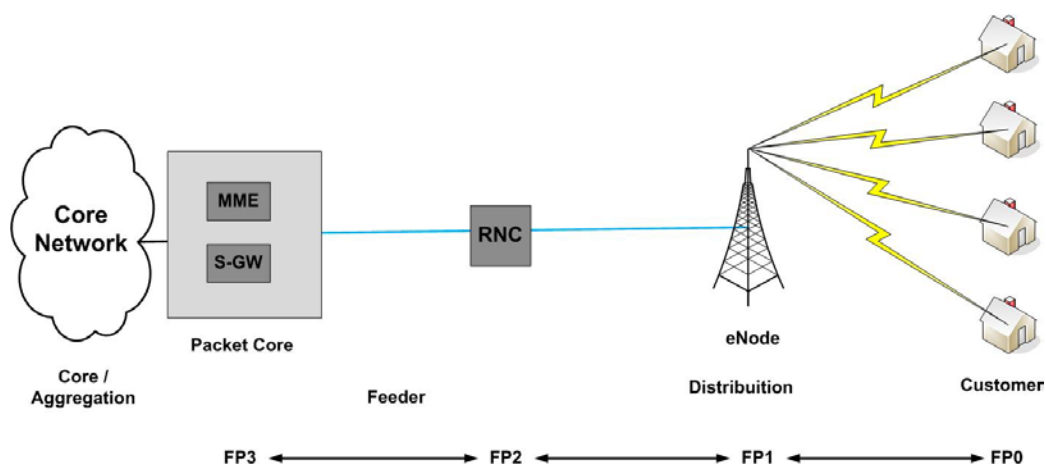


Figura 75 - Solução UMTS

Mais uma vez, fez-se uso das ferramentas de cálculo apresentadas no capítulo anterior, para efectuar uma análise tecno-económica deste tipo de topologia de rede.

Assim sendo, dividiu-se a rede em quatro sectores distintos, sendo eles respectivamente:

- Feeder (Packet Core);
- Feeder (RNC);
- Ponto de distribuição (eNode);
- Casa do cliente.

Os diversos elementos de custo de cada elemento da rede foram concentrados num único item para cada sector, com os respectivos rácios, conforme é ilustrado na Figura 76:

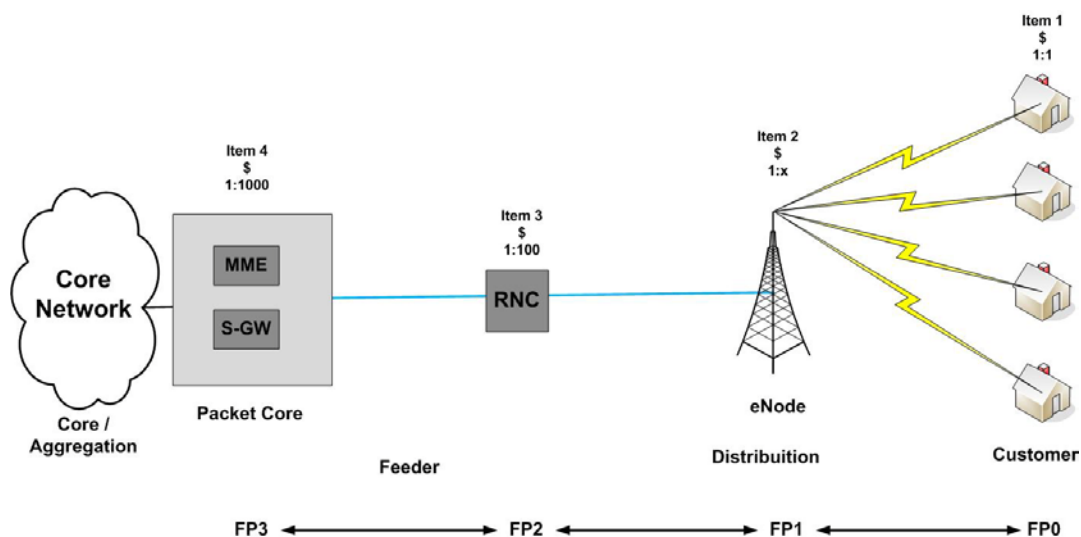


Figura 76 - Solução UMTS com os diferentes itens e respectivos rácios

A Tabela 18 mostra esses mesmos itens, acompanhados do seu respectivo custo:

| | Custo | Rácio |
|----------------------|----------|--------|
| Item 1 (utilizador) | 150€ | 1:1 |
| Item 2 (eNode) | 70.000€ | 1:X |
| Item 3 (RNC) | 33.000€ | 1:100 |
| Item 4 (Packet Core) | 550.000€ | 1:1000 |

Tabela 18 - Custo e rácios de partilha dos diversos equipamentos

Mais uma vez, o rácio do item 2 depende da taxa de contenção e da largura de banda que cada operador pretenda oferecer aos seus clientes. Como no exemplo anterior, partimos do pressuposto que todos os operadores começam com a mesma largura de banda – 4Mb – à qual podem, caso o desejem, fazer um upgrade para 10Mb ao fim das primeiras 12, ou 24 unidades de tempo. Já em relação à taxa de contenção, cada operador é livre de oferecer a que bem entender.

Assim sendo, usemos como exemplo um operador que oferece aos seus clientes dois pacotes com igual largura de banda, mas com diferentes taxas de contenção. No pacote 1 oferece uma taxa de contenção de 15, oferecendo uma taxa de contenção de 25 no pacote 2.

Então, o rácio de itens 2 para este operador, é dado por:

$$Num\ Itens\ 2 = 8 \times \frac{25Mb}{\frac{4Mb}{15} + \frac{4Mb}{25}} = 375\ Itens\ 2$$

Equação 18

O operador em causa precisará portanto de um novo item 2, por cada 375 clientes (itens 1) que se ligarem ao seu serviço.

Sendo assim, cada operador poderá oferecer os factores de contenção que considerar mais adequados, tendo em conta que quanto mais reduzido for o factor de contenção oferecido, maior será a qualidade do serviço prestado, o que pode levar a um aumento de quota de mercado. Em contrapartida, um factor de contenção reduzido implica um menor rácio de itens 2 e conseqüente uma maior despesa em equipamento. Tal como no cenário anterior, a largura de banda oferecida, poderá ser aumentada para 10Mb, o que permitirá ao operador em causa elevar o seu factor de qualidade de mercado relativa e assim ter a hipótese de elevar também a sua quota de mercado. Mais uma vez, este *upgrade* terá a consequência de diminuir o rácio de itens 2, aumentado assim, as despesas do operador em causa. A forma como este *upgrade* é feito, fica ao critério de cada um, podendo cada operador fazê-lo de uma forma faseada ou de uma só vez, reflectindo-se tal decisão no seu *cash-balance*.

Neste cenário, para além da adopção de uma tecnologia (UMTS) considera-se também que esta tecnologia será eventualmente substituída por uma mais recente. Neste caso a nova tecnologia será a tecnologia LTE (*Long Term Evolution*), uma vez que aproveita a maior parte da infra-estrutura utilizada pelo UMTS, oferecendo uma largura de banda bastante superior.

Considera-se então que assim que esta tecnologia se encontrar disponível, os operadores disponibilizá-la-ão de imediato, esperando assim conseguir a adesão tanto dos seus utilizadores de UMTS, como de novos clientes.

Para a tecnologia LTE considera-se também que os operadores oferecem uma largura de banda inicial de 20Mb, largura de banda essa que pode ser aumentada para 50Mb caso o operador efectue, à semelhança do que se passa na tecnologia UMTS, um *upgrade* à sua infra-estrutura. Novamente à semelhança do que se passou para as tecnologias anteriores, este *upgrade* poderá ser feito todo de uma vez, ou de forma faseada, uma vez que comporta um investimento substancial. Para além da largura de banda, o operador pode escolher as tarifas de instalação e mensal que achar apropriadas, devendo contudo manter o mesmo factor de contenção que disponibiliza na tecnologia UMTS.

5.3.2. Análise para 1 Operador

Partamos então do pressuposto que apenas um operador demonstrou interesse em servir esta zona, tendo portanto todas as vantagens que daí advém. No entanto este operador considerará todos os cenários possíveis de *upgrade* à infra-estrutura e irá disponibilizar assim que lhe seja possível, a tecnologia LTE, não só como forma de obter a adesão de novos clientes, mas também como forma de poder actualizar as tarifas dos clientes existentes, caso estes optem por uma migração para LTE.

Para se efectuar a análise a este tipo de cenário, fez-se uso da ferramenta em *Excel* entretanto criada e introduzida no capítulo anterior.

Há desde já vários cenários a considerar, desde os parâmetros de nível de partida, nível de saturação, *alfa* e *beta* da curva logística que modela o crescimento de mercado, até às várias combinações possíveis de, quando e como o operador efectua o *upgrade* à sua infra-estrutura.

5.3.2.1. Visão global dos investimentos

À semelhança do que foi feito nos cenários anteriores, começemos por analisar o efeito da variação dos parâmetros da curva logística que modela a adopção de abandono de UMTS e da curva logística que modela a adopção de LTE, na evolução da quota de mercado do operador em causa.

Consideremos novamente 3 cenários, em que o mercado adere mais ou menos rapidamente ao serviço que o operador tem para oferecer, e vejamos os diferentes resultados que este apresenta:

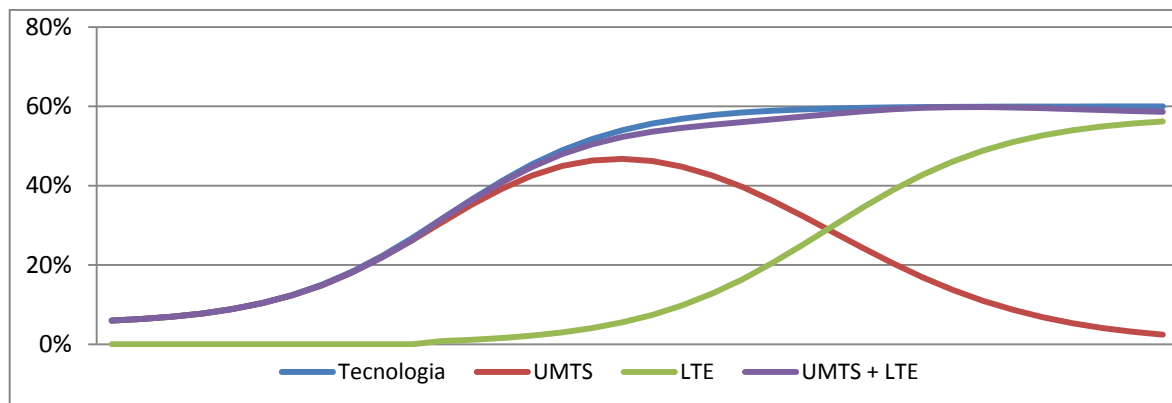


Figura 77 - Diferentes cenários para diferentes parâmetros das curvas logísticas que modelam o mercado – Cenário 1

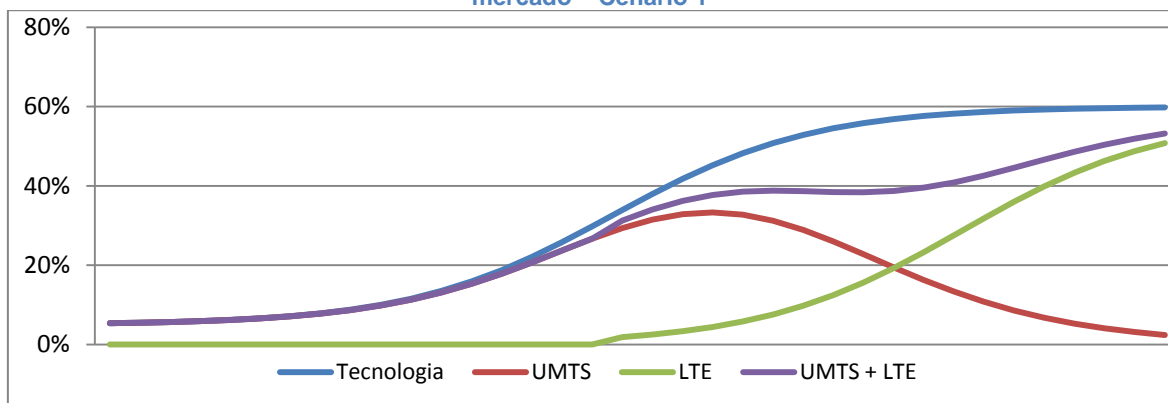


Figura 78 - Diferentes cenários para diferentes parâmetros das curvas logísticas que modelam o mercado – Cenário 2

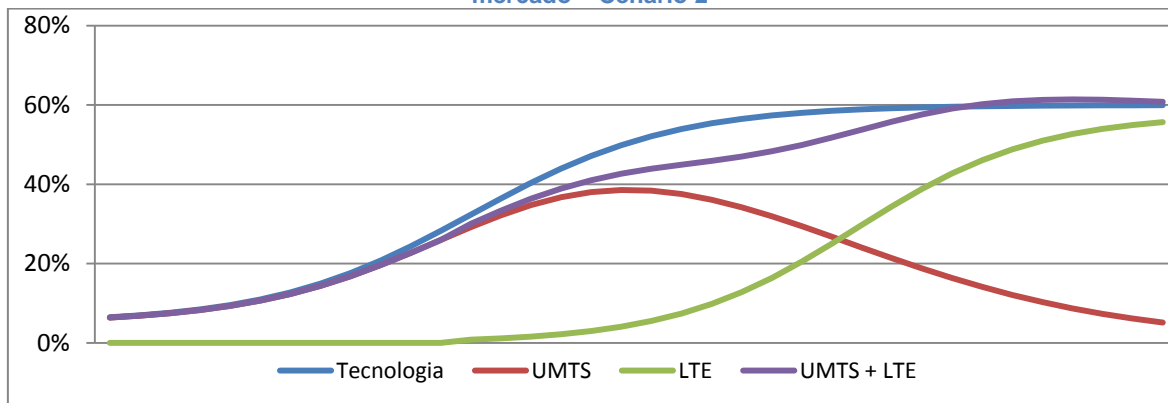


Figura 79 - Diferentes cenários para diferentes parâmetros das curvas logísticas que modelam o mercado – Cenário 3

A Figura 80 ilustra-nos de que forma é que o comportamento do mercado se reflecte no CAPEX do operador:

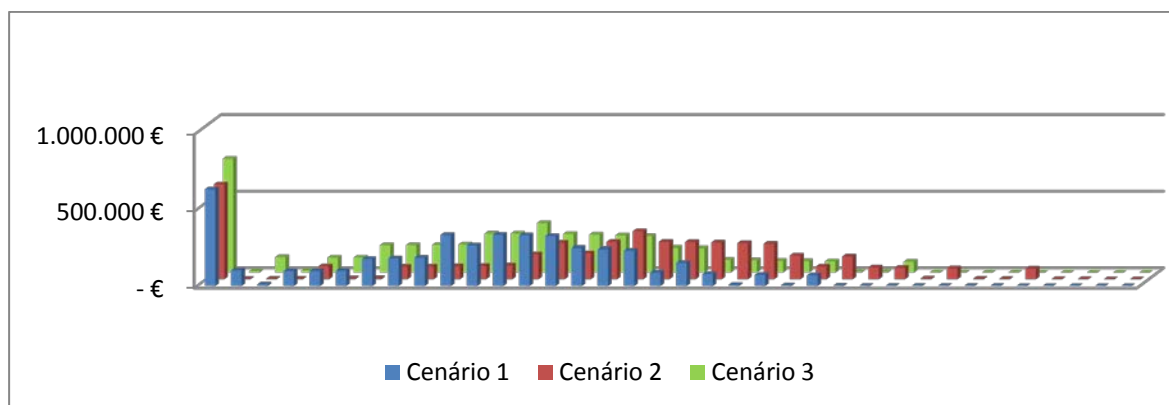


Figura 80 - CAPEX para os cenários considerados

Através da análise da Figura 80, podemos concluir que quanto mais rápido o mercado aderir à tecnologia UMTS, maiores serão as despesas em CAPEX para o operador. A velocidade com que a tecnologia LTE entra no mercado, e mesmo a velocidade com que os utilizadores aderem, não é relevante uma vez que esta tecnologia servir-se-á da infra-estrutura até então existente e utilizada pela tecnologia UMTS.

Assim sendo, o cenário 3 é aquele que apresenta uma maior despesa inicial, uma vez que é neste cenário que o mercado reage mais rapidamente à nova tecnologia. No entanto, e por crescer mais rapidamente, é no cenário 1 que este crescimento mais rapidamente se faz sentir uma vez que é neste cenário que a necessidade de investimento na infra-estrutura, mais cedo se começa a manifestar.

O cenário 2 é de todos o mais pessimista, logo é expectável que seja dos 3 aquele que tem um menor investimento inicial, e seja neste cenário que os investimentos necessários na infra-estrutura ocorram mais tarde, quando comparado com os cenários 1 e 3.

À semelhança do que aconteceu nos cenários estudados anteriormente, é de concluir que embora existam algumas diferenças no CAPEX do operador, motivadas pela velocidade de arranque do mercado, estas diferenças voltam a não ser factor determinante no estudo das diferenças de investimento em CAPEX por parte dos operadores, sendo que novamente, a maneira como o operador investe na sua infra-estrutura e o instante em que o faz, têm maior impacto do que o instante e a velocidade de arranque de mercado.

Consideremos, conforme realizado nos cenários anteriores, que o operador apenas poderá iniciar o investimento na sua infra-estrutura em duas alturas distintas às quais iremos chamar de instante A e instante B. O instante A dar-se-á no final das primeiras 12 unidades de tempo, e o instante B dar-se-á no final das primeiras 24 unidades de tempo. A Tabela 19 sumariza as diferentes hipóteses que o operador tem para investir na sua infra-estrutura:

| Decisão de Investimento | |
|-------------------------|--|
| Cenário 1 | Operador não investe na infra-estrutura |
| Cenário 2 | Investimento de 100% no instante A |
| Cenário 3 | Investimento de 100% no instante B |
| Cenário 4 | Investimento faseado (10% a cada unidade de tempo) a partir do instante A |
| Cenário 5 | Investimento faseado (10% a cada unidade de tempo) a partir do instante B |
| Cenário 6 | Investimento faseado (50% inicial de 10% a cada unidade de tempo) a partir do instante A |
| Cenário 7 | Investimento faseado (50% inicial de 10% a cada unidade de tempo) a partir do instante B |

Tabela 19 – Descrição das hipóteses de investimento do Operador

Nas figuras seguintes e na Tabela 20, são apresentados vários resultados económicos que podem permitir uma melhor análise dos instantes de investimento e consequente viabilidade do projecto:

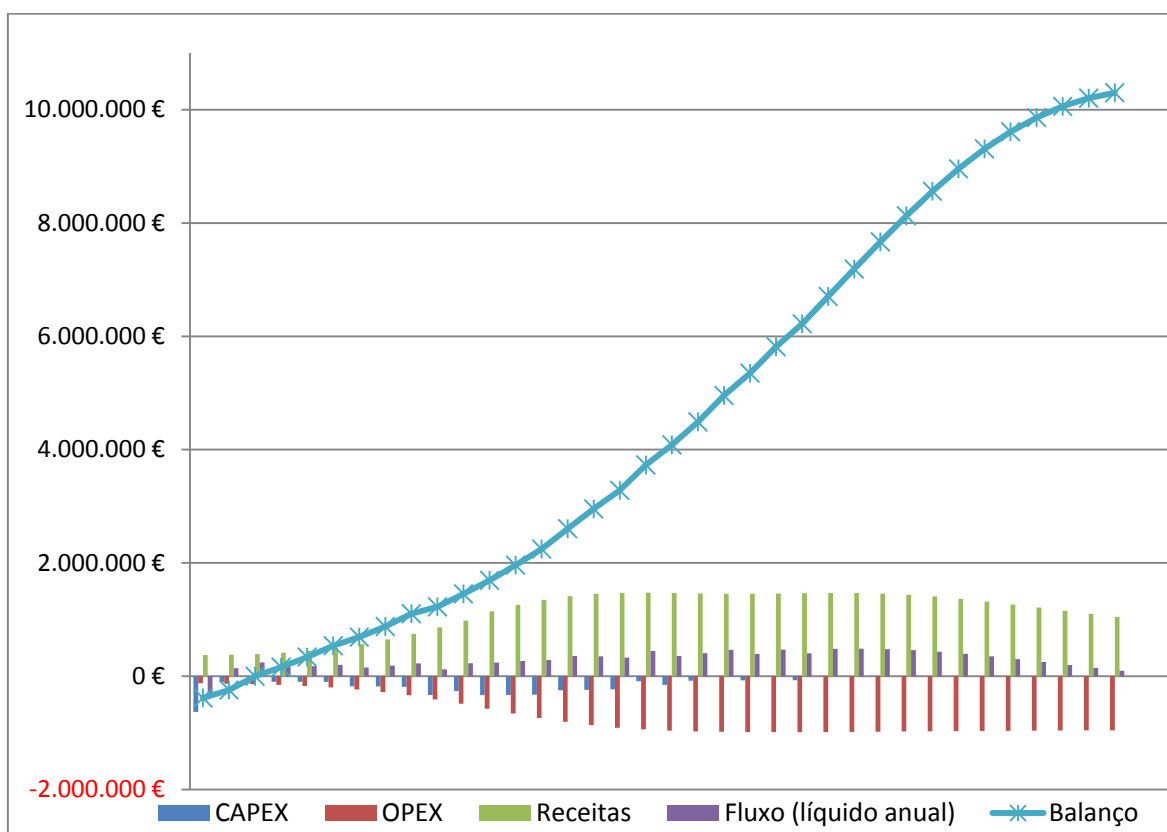


Figura 81 – Resultados económicos para o cenário 1

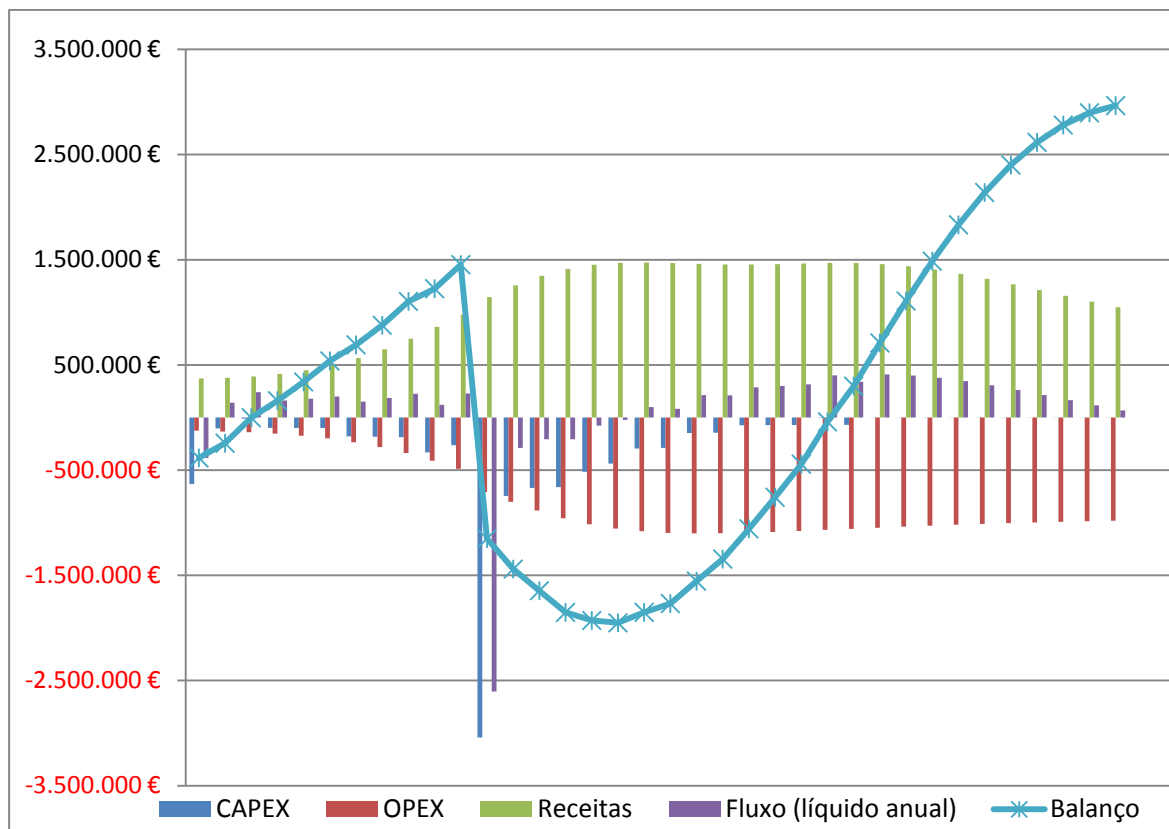


Figura 82 – Resultados económicos para o cenário 2

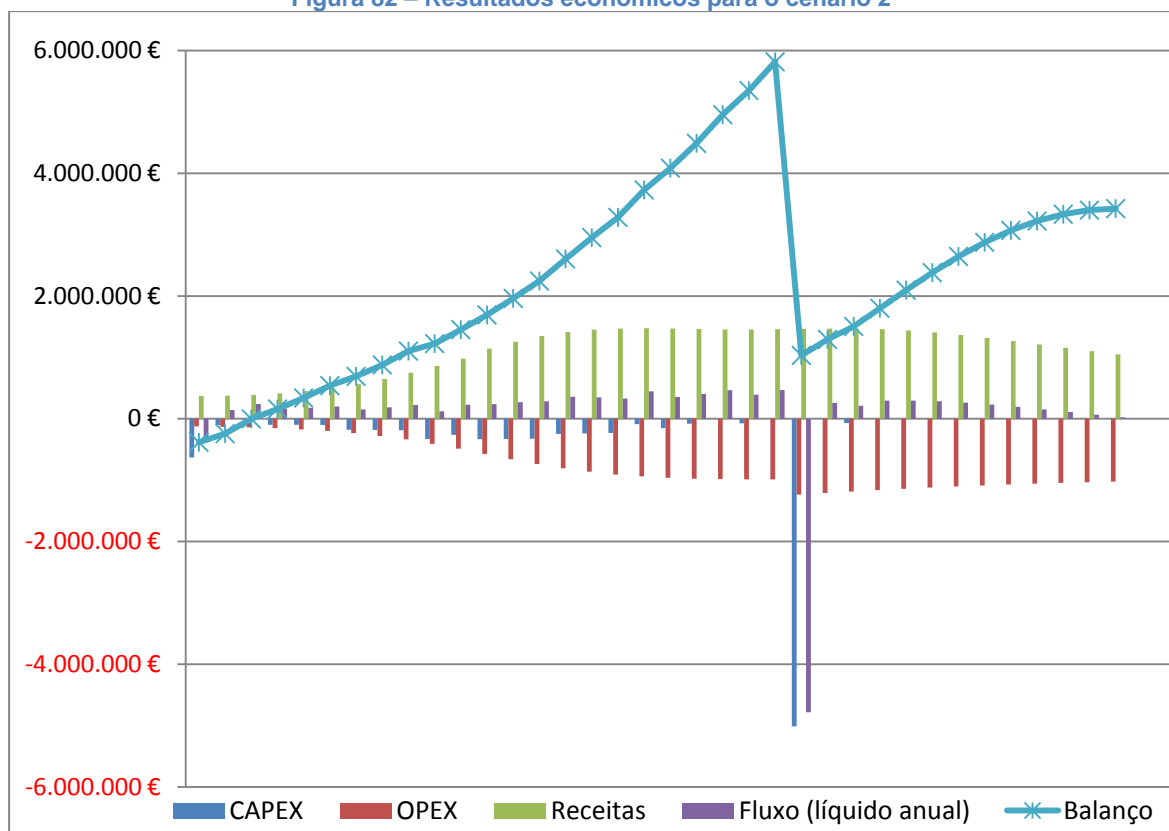


Figura 83 – Resultados económicos para o cenário 3

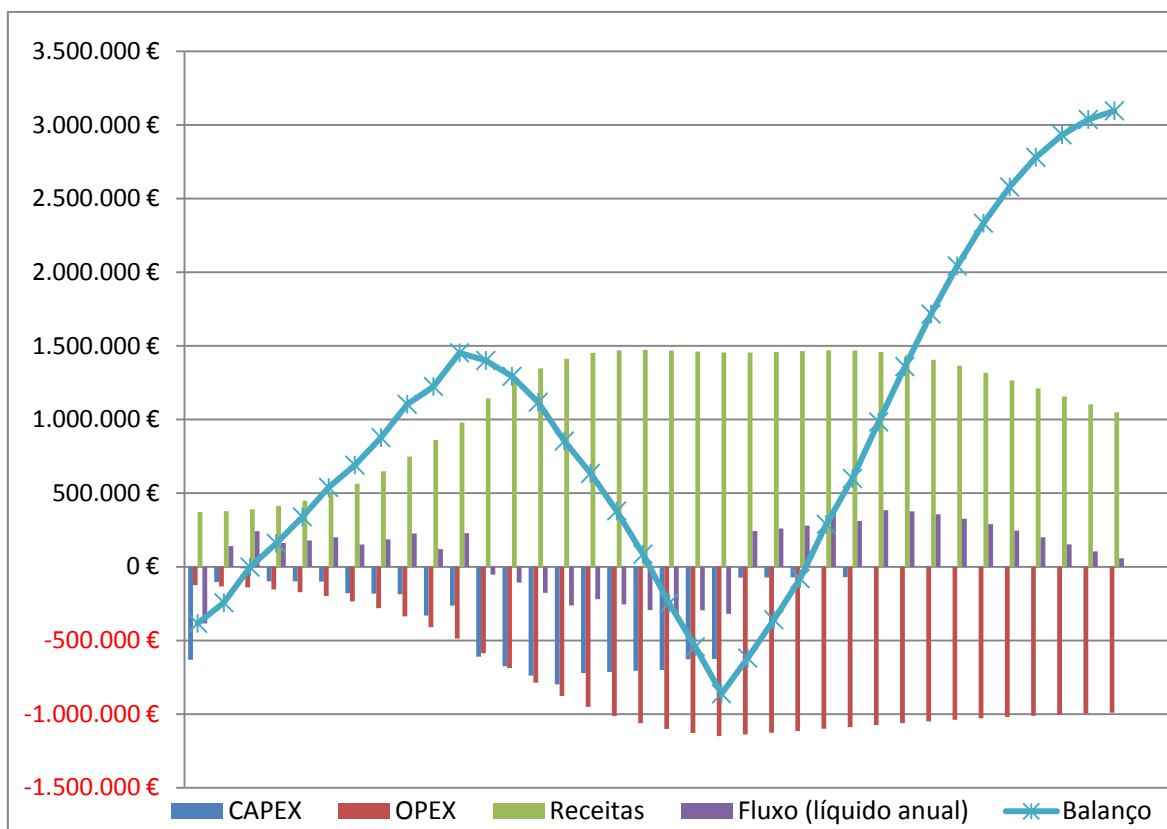


Figura 84 – Resultados económicos para o cenário 4

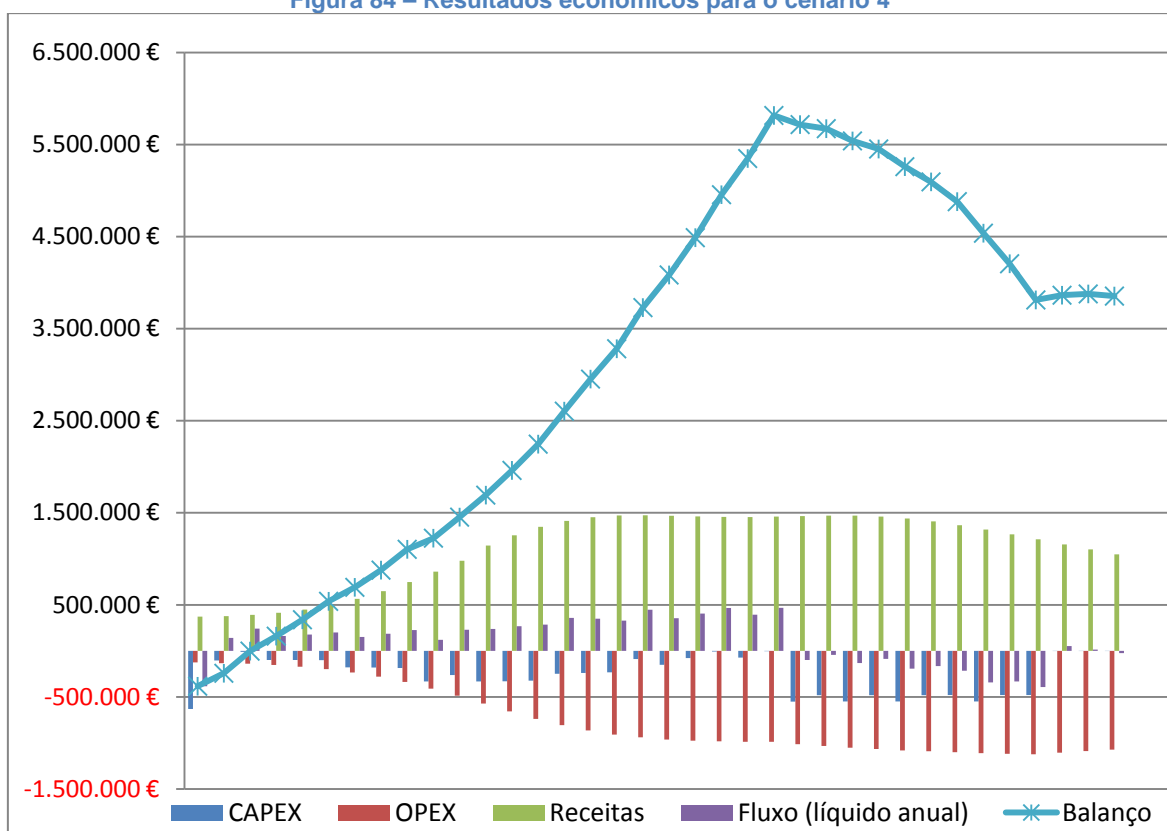


Figura 85 – Resultados económicos para o cenário 5

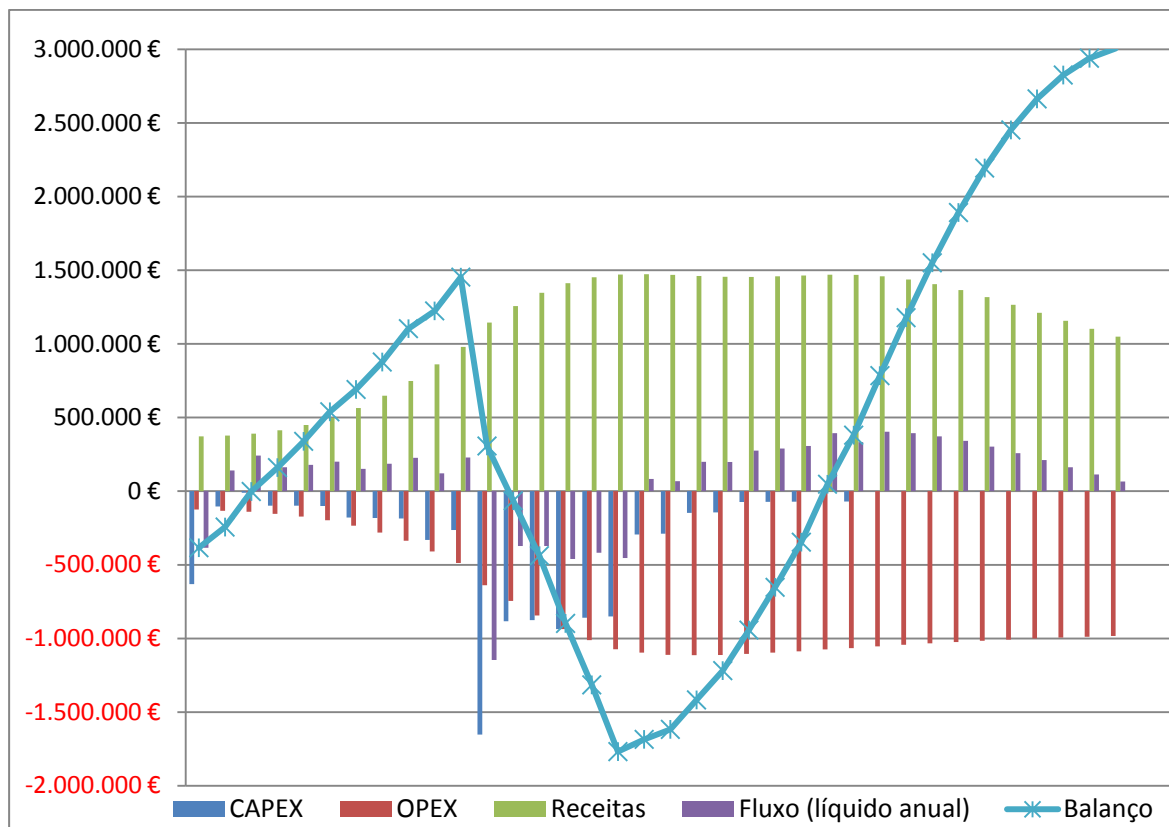


Figura 86 – Resultados económicos para o cenário 6

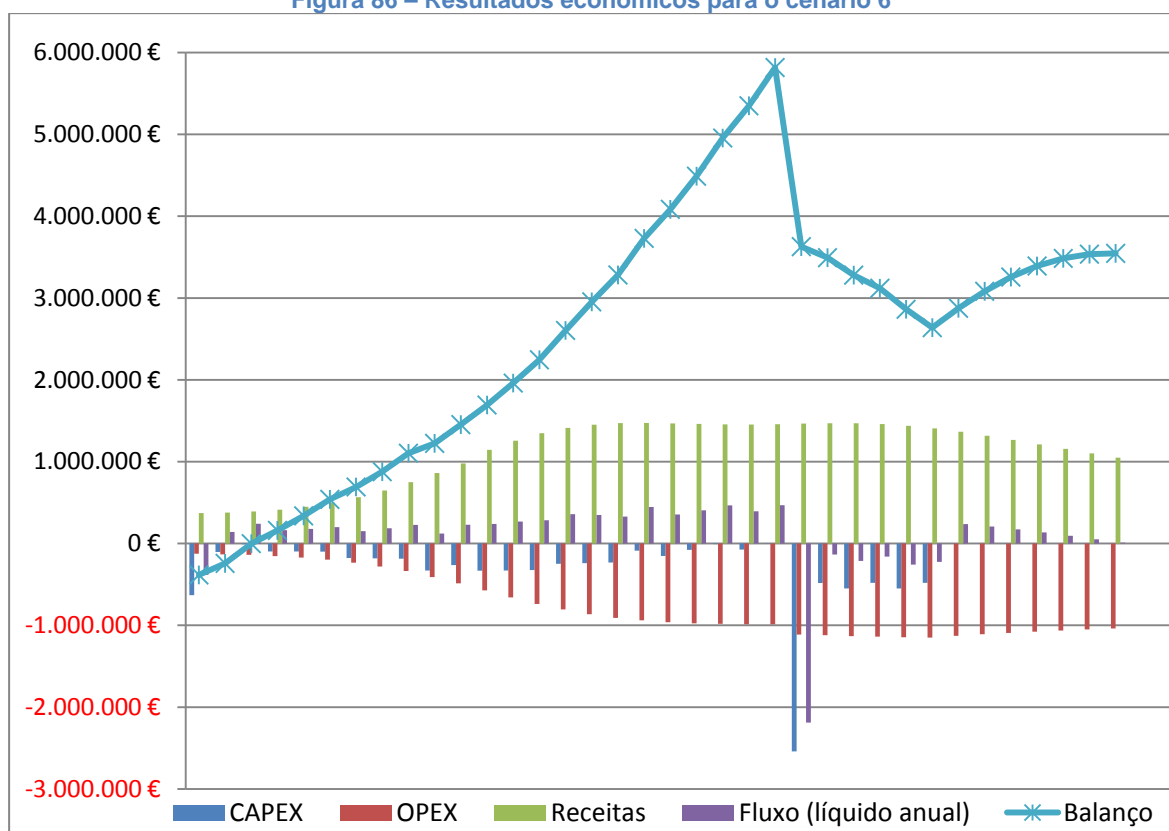


Figura 87 – Resultados económicos para o cenário 7

| | VAL | TIR | Período de Recuperação |
|------------------|-------------|-------|------------------------|
| Cenário 1 | 1.793.003 € | 47,2% | 3 Unidades de tempo |
| Cenário 2 | 43.598 € | 13,5% | 25 Unidades de tempo |
| Cenário 3 | 1.156.343 € | 47,1% | 3 Unidades de tempo |
| Cenário 4 | 511.901 € | 44,6% | 25 Unidades de tempo |
| Cenário 5 | 1.372.006 € | 47,2% | 3 Unidades de tempo |
| Cenário 6 | 204.116 € | 40,5% | 24 Unidades de tempo |
| Cenário 7 | 1.236.352 € | 47,1% | 3 Unidades de tempo |

Tabela 20 – Resultados económicos relevantes para os diferentes cenários

Analisando as figuras anteriores e a Tabela 20, constatamos que o investimento inicial é sempre recuperado, quaisquer que sejam as decisões do operador no que ao investimento na sua infra-estrutura dizem respeito. No entanto, e mais uma vez, volta a ser recomendável o investimento na infra-estrutura apenas no instante B, uma vez que caso assim seja feito, o projecto irá apresentar um período de recuperação de apenas 3 unidades de tempo. Por último há que destacar também a importância da entrada da tecnologia LTE, uma vez que refresca as tarifas que o operador cobra aos seus utilizadores, evitando assim uma diminuição de *cash-balance*, devido à erosão das mesmas.

5.3.3. Análise para 3 Operadores

À semelhança do que foi feito nas hipóteses anteriores, consideremos agora que não existe um, mas sim 3 operadores na zona a analisar e que cada um tem todo o interesse em atrair para si o maior número de clientes possível. Mais uma vez, cada operador terá que ter a preocupação de fornecer o melhor serviço possível aos seus utilizadores, sob pena que caso isso não aconteça, os veja sair para um dos seus concorrentes. Para este cenário, o vector qualidade que define a qualidade relativa de um operador, é constituído pelas tarifas de instalação e mensal dos diferentes pacotes, pela largura de banda oferecida e por último pelo respectivo factor de contenção. Este cenário tem a variante de considerar que a tecnologia implementada inicialmente, será progressivamente abandonada devido à entrada no mercado de uma tecnologia mais recente, e que como tal, lhe é superior. Esta mudança poderá ser uma boa oportunidade para os operadores melhorarem a sua quota de mercado, estando essa melhoria dependente dos serviços oferecidos e das tarifas cobradas nesta nova tecnologia. O *upgrade* à infra-estrutura volta a ser uma opção viável para uma melhoria da qualidade de serviço de cada operador e respectiva quota de mercado. No entanto, e como vem sendo hábito, deverá ser feito de uma forma bem planeada, uma vez que juntamente com o factor de contenção, é o principal responsável pela diminuição do rácio de itens 2 e consequente aumento de CAPEX para o operador, com todas as desvantagens que daí advém.

5.3.3.1. Visão global dos investimentos

Posto o cenário, passemos agora a uma visão global dos investimentos de cada operador, partindo mais uma vez do pressuposto de que a nossa situação inicial de mercado é a descrita na Tabela 21. Consideremos novamente que não temos conhecimento do conjunto de situações que levou a uma configuração inicial de mercado como esta, podendo ter tido influência de *marketing*, publicidade, maior confiança por parte dos utilizadores, etc.

| | Operador A | Operador B | Operador C |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|
| Nº Utilizadores | 3000 | 4000 | 6000 |
| Tarifa de Instalação Inicial | 25€ | 15€ | 20€ |
| Tarifa Mensal Pacote 1 | 30€ | 25€ | 27€ |
| % Utilizadores Pacote 1 | 40% | 60% | 50% |
| Factor Contenção Pacote 1 | 15 | 30 | 22 |
| Tarifa Mensal Pacote 2 | 40€ | 35€ | 37€ |
| % Utilizadores Pacote 2 | 60% | 40% | 50% |
| Factor Contenção Pacote 2 | 25 | 40 | 35 |

Tabela 21 - Situação inicial de mercado

A Figura 88 ilustra-nos a situação inicial de mercado, para a zona em análise:

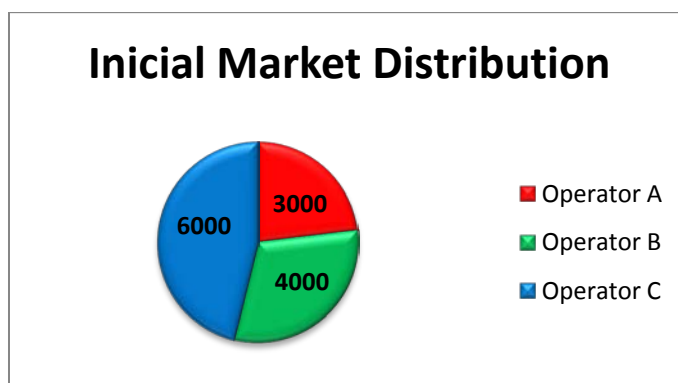


Figura 88 - Situação inicial de mercado

Passadas as primeiras 12 unidades de tempo, chega a altura de fazer um balanço da situação actual de mercado e o balanço efectuado pelo Operador A é bastante positivo, uma vez que vem ganhando bastante quota de mercado, muito por culpa do bom serviço que proporciona aos seus clientes. Por esta altura também já conseguiu recuperar o seu investimento inicial, pelo que apostando numa política de oferecer sempre o melhor serviço possível aos seus clientes, o Operador A opta por efectuar um *upgrade* à sua infra-estrutura, esperando desta forma conseguir aumentar ainda mais a sua quota de mercado e, consequentemente, o seu *cash-balance*. Este *upgrade* será feito faseadamente, investindo inicialmente apenas em 20% da infra-estrutura, aumentando-a seguidamente em 10% ao ano, para que o investimento não se faça sentir de uma

forma tão brusca no seu *cash-balance*. O Operador A opta também por manter as suas tarifas, confiante de que a qualidade do seu serviço assim o justifica.

O Operador B leu o mercado de forma diferente, e optou por oferecer aos habitantes da zona em análise um serviço bastante económico, que todos conseguissem pagar. Em contrapartida oferece as piores taxas de contenção do mercado, com todas as desvantagens que tal opção acarreta. Passadas as primeiras 12 unidades de tempo e chegando a altura de efectuar um balanço, o Operador B dá por si a perder quota de mercado de uma forma bastante acentuada e embora seja necessário uma mudança de política, o que é certo é que este Operador acabou de recuperar o seu investimento inicial e como tal não dispõe de capacidade financeira para investir na sua infra-estrutura e como não se pode dar ao luxo de reduzir ainda mais as suas tarifas, opta por uma política de continuidade, aguardando por uma melhor altura para tomar decisões.

O Operador C apresenta-se mais uma vez como um misto dos Operadores A e B. Se por um lado o seu serviço não apresenta taxas de contenção tão boas quanto aquelas que são oferecidas pelo Operador A, não são tão más quanto as oferecidas pelo Operador B, sendo que as tarifas que cobra aos clientes, reflectem isso mesmo.

Partindo como líder de mercado na zona em análise, o Operador C rapidamente recupera o investimento inicial, e chegando ao final das primeiras 12 unidades de tempo apesar de ter visto o seu *market-share* estacionar, continua a ser líder de mercado por uma larga vantagem. Por estes motivos, e numa perspectiva de não só ver as decisões de que os concorrentes irão tomar, mas também na perspectiva de conseguir aumentar o seu *cash-balance* de uma forma substancial, o Operador C opta por não efectuar quaisquer alterações, quer ao nível das tarifas que pratica, quer ao nível da largura de banda oferecida.

As decisões tomadas pelos três operadores, no final das primeiras 12 unidades de tempo, estão evidenciadas na Tabela 22:

| | Operador A | Operador B | Operador C |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Tarifa de Instalação | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| Tarifa Anual Pacote 1 | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| % Utilizadores Pacote 1 | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| Tarifa Anual Pacote 2 | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| % Utilizadores Pacote 2 | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| Upgrade à infra-estrutura | SIM | NÃO | NÃO |

Tabela 22 – Opções de cada Operador ao fim das primeiras 12 unidades de tempo

É também por esta altura que a tecnologia LTE começa a dar os primeiros passos e rapidamente os 3 operadores a introduzem no mercado, na expectativa de com isso conseguir quer que os seus utilizadores migrem para um serviço mais rápido, conseguindo desta forma uma actualização da tarifa mensal e consequente melhoria de *cash-balance*, quer na expectativa de que com esta nova tecnologia consigam atrair para si novos clientes, quer de outros operadores,

quer clientes que ainda não disponham de um serviço de banda larga móvel até então. A Tabela 23 ilustra as diferentes tarifas propostas pelos diferentes operadores, para a tecnologia LTE:

| | Operador A | Operador B | Operador C |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|
| Tarifa de Instalação Inicial | 25€ | 20€ | 25€ |
| Tarifa Mensal Pacote 1 | 35€ | 30€ | 32€ |
| % Utilizadores Pacote 1 | 60% | 40% | 50% |
| Tarifa Mensal Pacote 2 | 45€ | 40€ | 42€ |
| % Utilizadores Pacote 2 | 40% | 60% | 50% |

Tabela 23 - Tarifários para LTE

Passadas as segundas 12 unidades de tempo, e chegando à altura de efectuar um novo balanço, o Operador A vê compensado o seu investimento na sua infra-estrutura, uma vez que é o novo líder de mercado. Em relação a *cash-balance*, o crescimento não foi tão acentuado, mas é esperança do Operador A que esta situação se altere, muito por força da comercialização em massa da tecnologia LTE, entretanto amadurecida. Não havendo muito a fazer, o Operador A opta apenas por oferecer a tarifa de instalação para a tecnologia UMTS, esperando desta forma conseguir seduzir novos utilizadores que não necessitem de um serviço baseado em LTE.

O Operador B vê a sua situação ir de mal a pior, uma vez que nada pôde fazer nas primeiras 12 unidades de tempo, e como consequência disso o seu *market-share* caiu de uma forma ainda mais acentuada, muito por força das medidas levadas a cabo pelos seus concorrentes, neste caso e mais concretamente pelo Operador A. Uma vez que não conseguiu reunir um elevado número de utilizadores, o Operador B não dispõe de um elevado *cash-balance* e é da sua opinião que um investimento na infra-estrutura poderá ser perigoso caso a tendência de mercado se mantenha. Como tal, opta por reduzir bastante todas as suas tarifas de UMTS, oferecendo a tarifa de instalação e baixando para 15 e 20€ as tarifas dos pacotes 1 e 2 respectivamente, tendo esperança que desta forma seja possível inverter a tendência das últimas 24 unidades de tempo.

O Operador C acabou por pagar caro a falta de coragem demonstrada no final das 12 primeiras unidades de tempo e viu a sua quota de mercado cair abruptamente, muito por culpa da aposta feita pelo Operador A de investir na sua infra-estrutura, melhorando assim a sua largura de banda e, consequentemente, o serviço oferecido. Em contra partida, possui *cash-balance* suficiente para efectuar um *upgrade* à sua infra-estrutura e opta por efectuar esse *upgrade* de uma forma faseada, com 50% iniciais e 10% a cada unidade de tempo, esperando assim conseguir recuperar a liderança de mercado que outrora lhe pertencera. Como forma de incentivo extra, opta também por oferecer a tarifa de instalação para o serviço UMTS.

As novas decisões tomadas pelos três operadores, no final destas segundas 12 unidades de tempo, encontram-se esquematizadas na Tabela 24:

| | Operador A | Operador B | Operador C |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Tarifa de Instalação | Gratuita | Gratuita | Gratuita |
| Tarifa Anual Pacote 1 | Sem alterações | 15€ | Sem alterações |
| % Utilizadores Pacote 1 | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| Tarifa Anual Pacote 2 | Sem alterações | 20€ | Sem alterações |
| % Utilizadores Pacote 2 | Sem alterações | Sem alterações | Sem alterações |
| Upgrade à infra-estrutura | NÃO | NÃO | SIM |

Tabela 24 - Decisões de cada operador no final das primeiras 24 unidades de tempo

Chegados ao final deste período de estudo (36 unidades de tempo), verificamos que o Operador A continua a ser líder de mercado, por uma larga margem em relação aos seus concorrentes, e constatamos também que as medidas levadas a cabo por estes, nomeadamente a medida de redução de tarifas levada a cabo pelo Operador B, e o investimento na infra-estrutura levado a cabo pelo Operador C, não foram suficientes para travar o crescimento galopante do Operador A, encontrando-se os Operadores B e C em quebra continuada de quota de mercado.

A situação final de mercado para esta hipótese está patente na Figura 89:

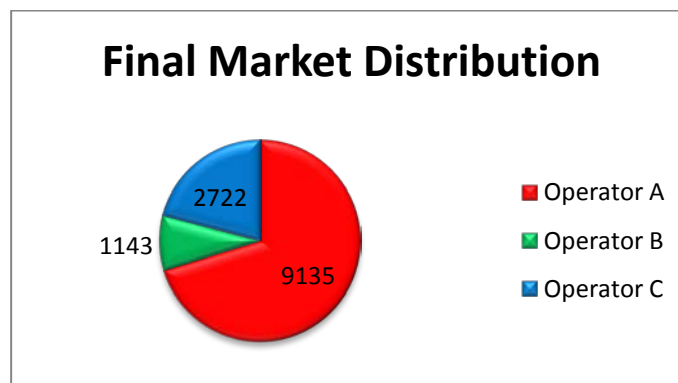


Figura 89 - Situação final de mercado

A Figura 90 e a Figura 91 mostram a evolução do *market-share* dos três operadores ao longo do período de estudo:

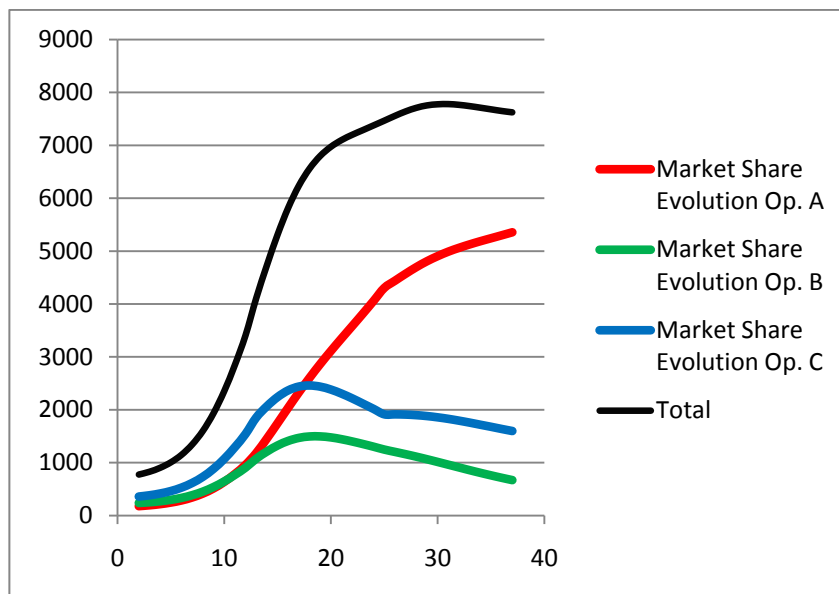


Figura 90 – Market Share Evolution (I) – Hipótese C

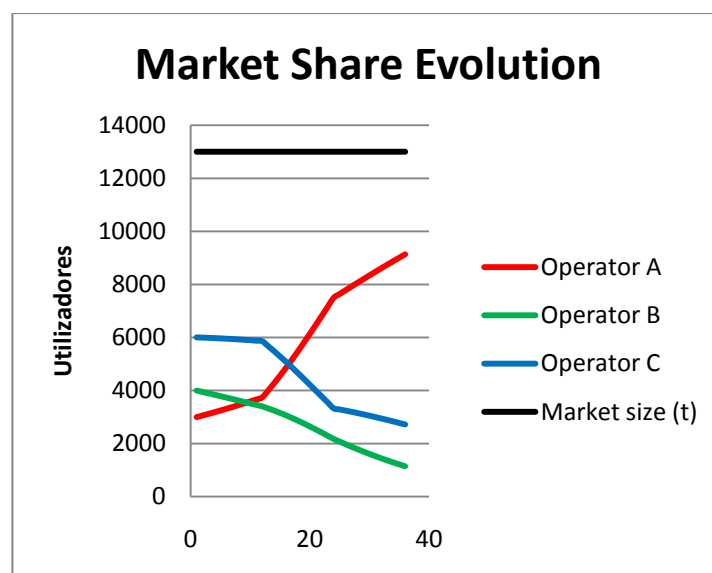


Figura 91 – Market Share Evolution (II) – Hipótese C

5.3.3.2. CAPEX

A Figura 92 ilustra a evolução das despesas efectuadas para aquisição ou substituição de equipamento, levadas a cabo por cada um dos diferentes operadores, durante o período de estudo considerado:

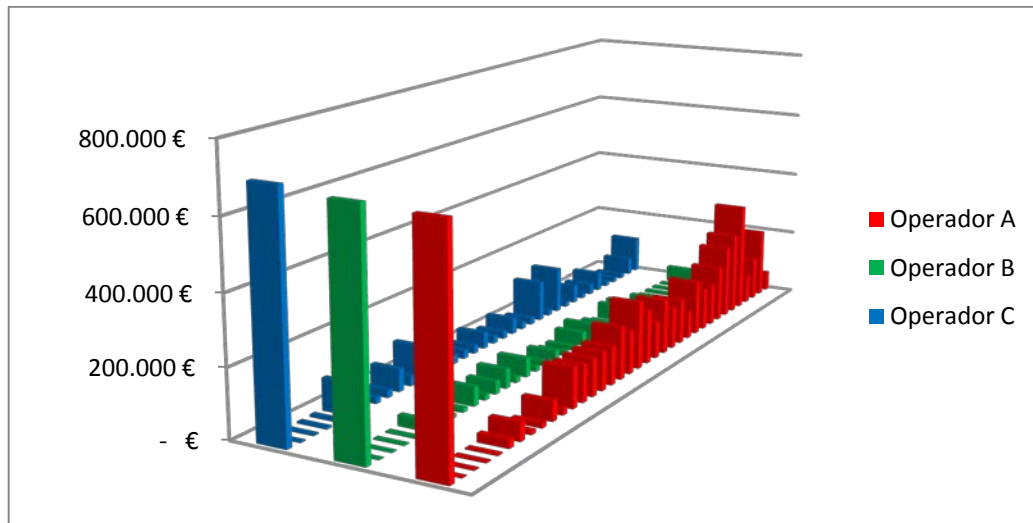


Figura 92 - Evolução do CAPEX dos 3 operadores durante o período de estudo - Hipótese C

Analisando a Figura 92 de imediato se conclui que o investimento inicial é superior a qualquer investimento feito durante o decurso do período de estudo. Tal facto deve-se ao avultado investimento inicial necessário no *Packet-Core*, não necessitando este investimento de ser feito mais nenhuma vez durante o período de estudo considerado.

Analisando em particular o CAPEX do Operador A, verifica-se a partir do momento em que este faz o *upgrade* à sua infra-estrutura, *upgrade* esse que lhe irá permitir ser líder de mercado, o CAPEX deste operador aumenta bastante, mantendo-se sempre elevado até ao final do período de estudo. Este facto é uma contra-partida do elevado aumento de clientes, sendo necessário o investimento em novos equipamentos, para que se consigam servir os novos utilizadores.

Quanto ao Operador B, não apresenta grandes investimentos em CAPEX, uma vez que não só é aquele que perderá utilizadores ao longo do período de estudo, mas também aquele que oferece piores taxas de contenção, permitindo-lhe desta forma aumentar consideravelmente o rácio de cada item 2 e assim reduzir os investimentos na sua infra-estrutura.

Por último, o CAPEX do operador C começa por ser o mais elevado dos 3 operadores, na altura em que este ainda é líder de mercado e precisa de mais equipamento que os seus concorrentes, para conseguir servir todos os seus clientes. É de notar também um aumento substancial por volta das 24 unidades de tempo, altura em que o Operador C efectua o *upgrade* à sua infra-estrutura.

5.3.3.3. OPEX

Na Figura 93 encontra-se ilustrada a evolução dos gastos operacionais dos 3 operadores, para o intervalo de estudo considerado (36 unidades de tempo)

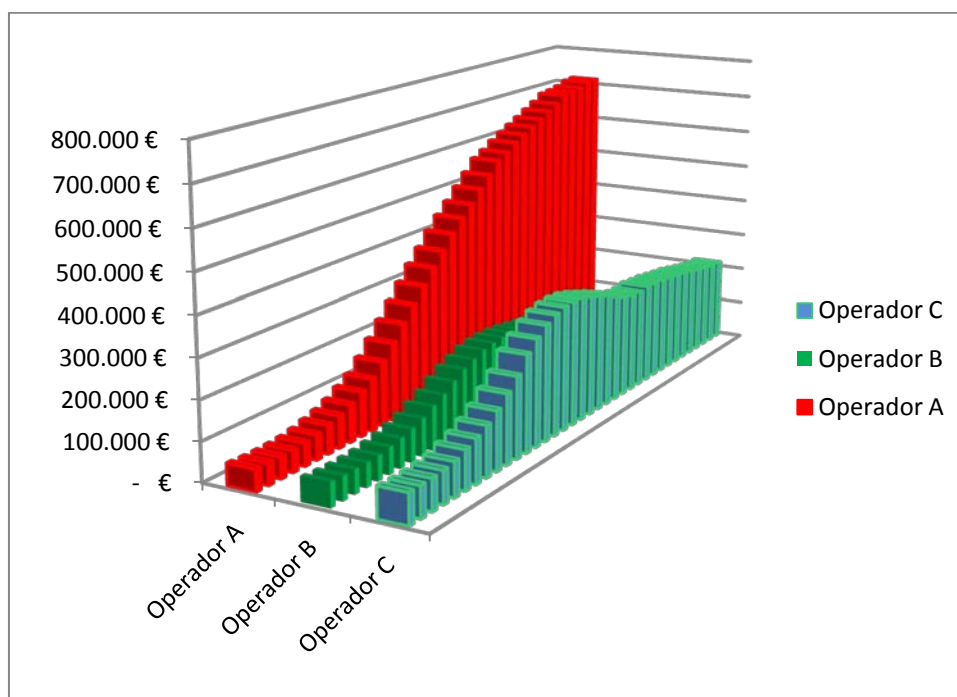


Figura 93 - Evolução do OPEX dos 3 operadores durante o período de estudo - Hipótese C

Analisando a figura anterior, conclui-se imediatamente que o Operador A é aquele que apresenta uma maior despesa em gastos operacionais, contrariamente ao Operador B que é aquele que menos despesa apresenta.

Uma vez que se considera o OPEX função de uma percentagem do CAPEX acumulado e um custo fixo por utilizador é expectável que o Operador A seja aquele que maior OPEX apresenta, uma vez que sendo aquele que oferece menores taxas de contenção, com a agravante de ter efectuado um *upgrade* à sua infra-estrutura, sendo líder de mercado na fase final do projecto, o que contribui decisivamente para o seu aumento brusco de OPEX.

O Operador C começa por apresentar uma maior fatia de OPEX, uma vez que parte como líder de mercado, logo terá um maior número de clientes a servir o que por si só acarreta uma maior despesa em equipamento, contribuindo de forma decisiva para um maior OPEX inicial. Ao longo do período de estudo, este operador irá perder *market-share* o que irá levar a uma estabilização dos gastos em OPEX.

Por último o Operador B é aquele que menos clientes e maiores taxas de contenção (menor rácio de itens 2) apresenta, logo dos 3 é aquele que acaba por apresentar uma menor despesa em OPEX.

5.3.3.4. Receitas

A Figura 94 apresenta as receitas dos 3 operadores para o período de estudo do projecto:

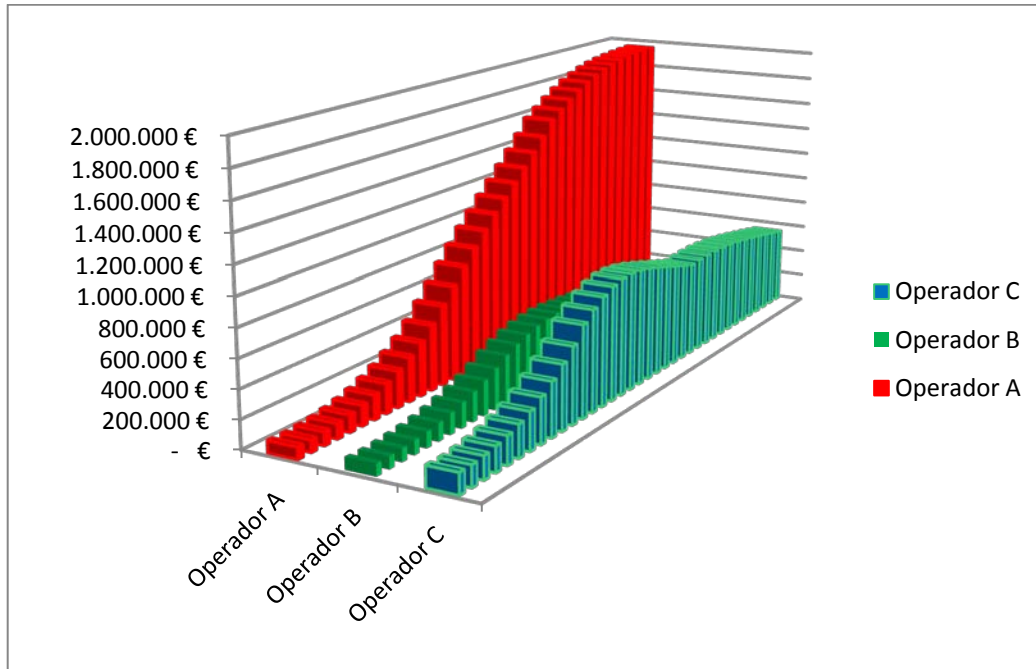


Figura 94 – Receitas de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese C

As receitas dependem das tarifas praticadas por cada operador, e do número de clientes que aderem aos seus serviços. Isto explica que o Operador C, por ter um *market-share* inicial bastante superior ao dos seus concorrentes, seja aquele que apresenta um maior volume de receitas. Esta situação tende a alterar-se sensivelmente a meio do período de estudo, altura em que o operador A passa a ser o líder de mercado, o que juntamente com o facto de ser aquele que maiores tarifas pratica, o ajuda a ser também aquele que apresenta um maior volume de receitas. O Operador B, por praticar as tarifas mais baixas do mercado, e por ser também aquele que menor *market-share* apresenta ao longo do projecto é, como tal, aquele que apresenta um menor volume de receitas.

5.3.3.5. ARPU

A Figura 95 ilustra a evolução do ARPU dos 3 operadores, durante o período de estudo:

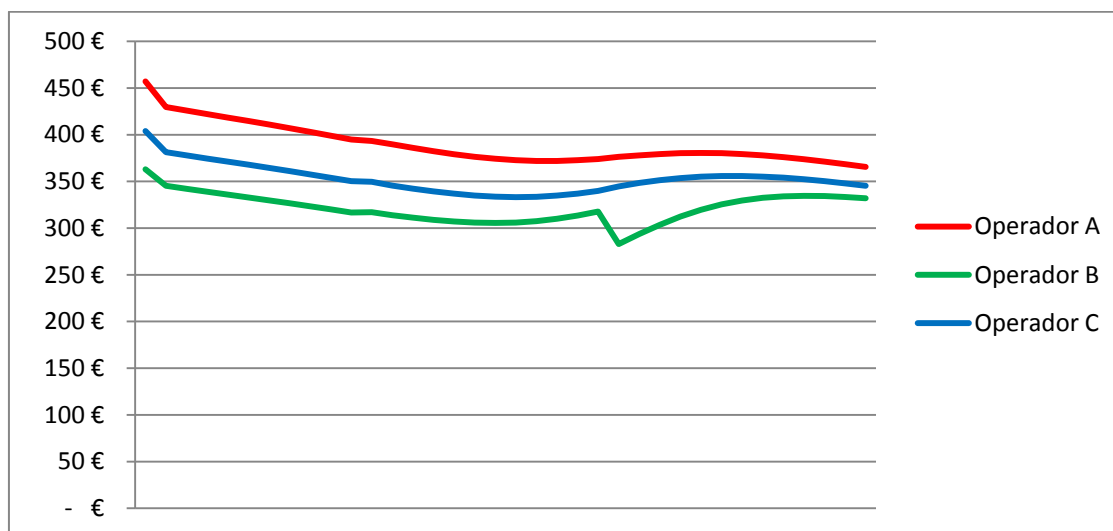


Figura 95 - ARPU de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese C

Analisando a Figura 95, verificamos que contrariamente ao que acontecia nos cenários anteriores, o ARPU apresenta um comportamento diferente. Embora decresça progressivamente ao longo do tempo e, no caso do Operador B volte a ter uma quebra, fruto de este ter reduzido as tarifas do seu serviço UMTS, o que é certo é que sensivelmente aquando da entrada da tecnologia LTE, o ARPU dos 3 Operadores inverte a tendência de descida e começa a subir ligeiramente, até perto das 28 unidades de tempo, altura em que a erosão das tarifas se torna a fazer sentir.

5.3.3.6. AMPU

Na Figura 96 encontra-se ilustrada a evolução do ARPU de cada operador, durante as 36 unidades de tempo que compõem o período de estudo:

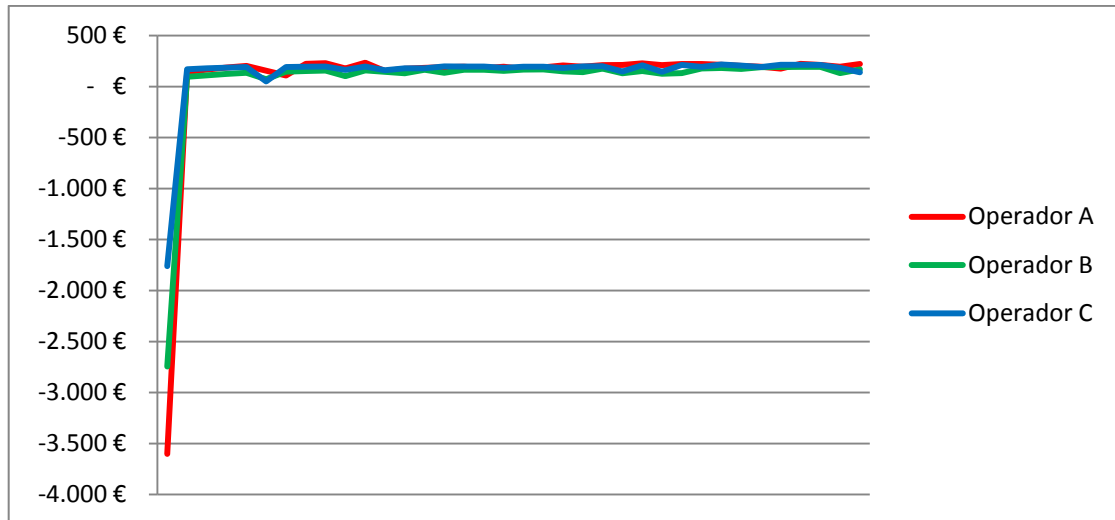


Figura 96 - AMPU de cada operador, durante o período de estudo – Hipótese C

Uma análise da Figura 96 permite concluir que o AMPU dos 3 Operadores começa por ser fortemente negativo, o que se deve ao forte investimento inicial de todos os Operadores (essencialmente no *Packet Core*) mas que no restante período de estudo permanece sempre positivo, apresentando no entanto, algumas oscilações fruto de investimentos quer para aumento da infra-estrutura, quer para substituição de equipamento em fim de vida.

5.3.3.7. Resultados económicos mais relevantes

Na Tabela 25 são apresentados os resultados económicos mais relevantes para a avaliação do projecto, para cada operador: TIR, VAL e Período de Recuperação.

| | Operador A | Operador B | Operador C |
|-------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| VAL | 1.709.689 € | 334.925 € | 1.371.701 € |
| TIR | 19,9% | 13,7% | 22,6% |
| Período de Recuperação | 9 Unidades de tempo | 11 Unidades de tempo | 7 Unidades de tempo |

Tabela 25 – Resultados económicos – Hipótese C

A Figura 74 mostra a evolução ao longo do tempo, do *cash-balance* dos 3 operadores:

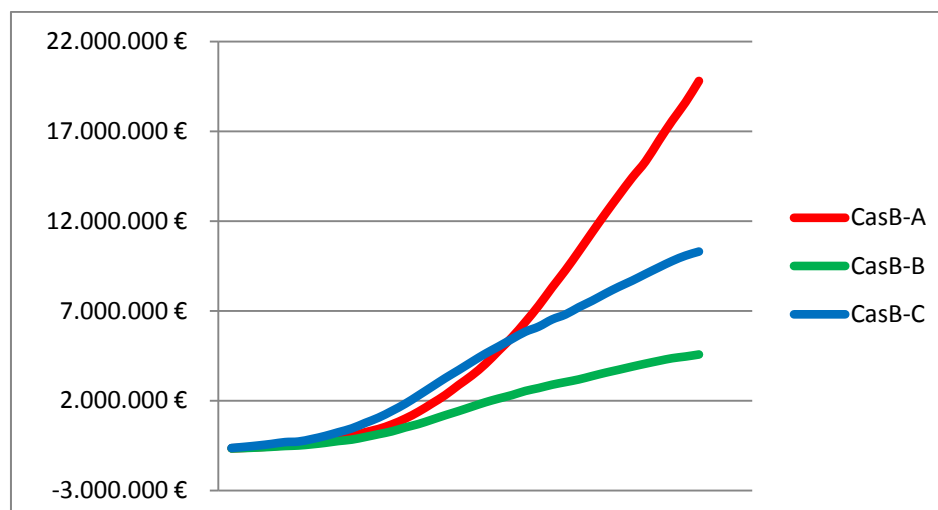


Figura 97 - Evolução do cash-balance dos 3 Operadores ao longo do tempo

Ao contrário dos casos de estudo anteriores, em que o período de recuperação do capital investido era bastante rápido, o mesmo não se verifica para este caso de estudo. Tal facto deve-se não só ao forte investimento em infra-estrutura no início do projecto por parte dos diversos operadores, mas também ao facto de a zona em análise ser uma zona com poucos habitantes quando comparada, por exemplo, com a zona analisada na Hipótese A. No entanto todos os Operadores apresentam uma taxa interna de rentabilidade aceitável e um VAL positivo. Aqui há que destacar o VAL apresentado pelo Operador B que é bastante inferior ao dos seus concorrentes, muito por culpa da sua política de apresentar um serviço mais económico, mas também com menor qualidade, o que nunca lhe permitiu ter uma grande quota de mercado.

Analisando agora com maior detalhe as políticas de mercado levadas a cabo pelos 3 Operadores, é fácil concluir que o Operador A sai claramente vencedor. A sua política de servir o utilizador com o melhor serviço possível resultou em pleno e desde o início do período de estudo que rapidamente começou a ganhar *market-share* aos seus concorrentes. A sua aposta em efectuar um *upgrade* à sua infra-estrutura assim que possível terá sido o factor determinante para derrotar definitivamente a concorrência, numa fase tão embrionária do período de estudo. Aproveitando a chegada do LTE, o Operador A apostou em servir os seus novos clientes LTE já com uma largura de banda de 50Mb por cliente, devido ao *upgrade* realizado à sua infra-estrutura o que juntamente com os melhores factores de contenção do mercado, acabou por ser determinante para que acabasse o período de estudo com bastante mais quota de mercado e *cash-balance* que os seus concorrentes.

O Operador B desde início que falhou em atender às exigências do mercado e nunca se conseguiu aperceber que os seus potenciais clientes davam mais valor a um serviço rápido e com baixas taxas de contenção e nunca conseguiu inverter esta tendência, ora por falta de capital, ora por falta de coragem, o que o levou a apresentar resultados bastante medíocres.

O Operador C apresentou-se nesta zona procurando oferecer aos seus clientes “o melhor de dois mundos”, ou seja, apresentando factores de contenção não tão bons quanto os apresentados pelo Operador A, mas nem tão medíocres quanto os oferecidos pelo Operador B, propondo tarifários que se situavam entre os valores propostos pelos seus rivais. No entanto, este Operador partiu como líder de mercado e teve todas as condições para assim se manter. Uma atitude pouco corajosa de não efectuar um *upgrade* à sua infra-estrutura, melhorando assim o seu vector qualidade, no final das 12 primeiras unidades de tempo, foi determinante para a perda da liderança de mercado, liderança essa que não mais conseguiu recuperar e quando efectuou um *upgrade* brusco à sua infra-estrutura no final das primeiras 24 unidades de tempo já foi demasiado tarde.

Neste caso de estudo, foi abordado pela primeira vez o conceito de adopção e abandono de uma tecnologia. As principais conclusões a retirar desde caso de estudo, para além da importância de fornecer um serviço com boa qualidade e tomar sempre uma atitude preemptiva são que a introdução de novas tecnologias numa zona, sempre que possível com alterações mínimas na infra-estrutura dos operadores, são sempre um bom meio para refrescar as receitas dos operadores e assim conseguir novos ganhos, sem contudo se necessitar de grande investimento.

6. Considerações Finais

Passam a expor-se algumas sugestões de trabalho futuro que poderão dar continuidade a aspectos abordados nesta dissertação. Apresentam-se também as principais conclusões acerca do trabalho efectuado.

6.1. Sugestões para trabalho futuro

O cerne desta dissertação foi a adaptação e desenvolvimento de metodologias de análise tecno-económica de redes de telecomunicações, com especial ênfase nas redes de nova geração. Trata-se de uma problemática inserida numa área em expansão e como tal muitos aspectos são passíveis de aprofundamento, melhoria ou alteração. Apresentam-se de seguida algumas sugestões sobre possíveis futuros trabalhos que poderiam ajudar a consolidar o que aqui foi apresentado.

Em relação às ferramentas de cálculo, em vez de os vários elementos de custos serem uma parte integrante da ferramenta Excel utilizada seria vantajoso que esses elementos constassem de uma base de dados interligada com a ferramenta de cálculo (por exemplo em *MS Access* ou em *SQL*, o que facilitaria a portabilidade das ferramentas desenvolvidas para um ambiente *web*).

Também seria interessante que fosse possível aumentar o número de pontos de flexibilidade da rede em estudo, o que com a ajuda de uma base de dados de componentes de estudo externa, permitiria adaptar mais facilmente as ferramentas a uma grande variedade de cenários.

A hipótese de recorrer a uma outra plataforma computacional que não o Excel também deveria ser equacionada.

Uma vez que as preferências em relação a um determinado serviço, variam de utilizador para utilizador (largura de banda de *upload*, largura de banda de *download*, tarifas, número de serviços, etc.) seria de todo o interesse levar a cabo alguns estudos sociológicos que nos permitissem apurar a percentagem de utilizadores que dão preferência a cada um dos parâmetros que constituem o vector de Qualidade, para se obter (novamente) um maior realismo.

6.2. Conclusões

Esta dissertação debruçou-se sobre vários aspectos da engenharia e da análise tecno-económica das redes de acesso de nova geração.

Trata-se de uma problemática motivada pela importância que as redes de telecomunicações e as tecnologias da informação e da comunicação, de um modo geral, assumiram no actual contexto socioeconómico. De facto, estes recursos tornaram-se factores primordiais para o desenvolvimento económico, cultural e social dos países. Num momento em que se operam mudanças bastante significativas no mundo, nomeadamente a globalização da oferta e da procura, a generalização do uso das tecnologias da informação e da comunicação constitui hoje uma condicionante para o desenvolvimento socioeconómico. A existência, a possibilidade de aceder, e a capacidade de saber utilizar estes recursos constituem factores determinantes para a criação de igualdade de oportunidades, para a melhoria de qualidade de vida e para o estímulo da economia. Os sistemas de informação associados a redes de telecomunicações com adequado desempenho são os ingredientes básicos para a disponibilização de novos serviços e para o aparecimento de inovações tecnológicas que permitem não só aumentar a capacidade de processamento de informações, como também elevar a produtividade, expandir negócios e agilizar as organizações.

Partindo de uma caracterização do estado da arte das tecnologias estruturantes das actuais redes de acesso procurou-se compreender quais as suas maiores limitações actuais e quais as suas perspectivas de evolução. Tais perspectivas levaram invariavelmente à conclusão da necessidade de elevados investimentos caracterizados por muitas incertezas e factores de risco. Por esta razão tornou-se necessário adquirir familiarização com as técnicas de análise de projectos de investimento em redes de acesso.

Constatou-se que as ferramentas disponíveis não estavam devidamente talhadas para o estudo de cenários caracterizados simultaneamente pela incerteza da reacção dos mercados à oferta de novos serviços e tecnologias e pela dinâmica da concorrência entre operadores. Por esta razão tornou-se necessário proceder à adaptação e desenvolvimento de ferramentas e metodologias de análise tecno-económica de redes de telecomunicações. O seu teste foi feito através da sua aplicação a um conjunto seleccionado de casos de estudo e englobou alguns aspectos inovadores tais como a utilização de um *Vector de Qualidade* incorporando os principais factores associados à preferência dos mercados por determinado operador e respectiva tendência de aumento ou diminuição de quota de mercado.

Foram elaborados vários casos de estudo, para diferentes cenários e diferentes tecnologias, tendo-se registado resultados interessantes em todos eles.

De forma complementar esta dissertação teve também em vista contribuir para a disponibilização de materiais didácticos que possam ser de utilidade a quem pretenda adquirir uma melhor compreensão acerca das relações entre o projecto engenharia de redes de acesso e as suas implicações tecno-económicas. Neste sentido colocou-se um cuidado especial em garantir que os desenvolvimentos efectuados e os estudos de caso considerados pudessem ser utilizados não só por profissionais de engenharia como por estudantes de graduação e pós-graduação. Este esforço foi inicialmente reconhecido pela atribuição do prémio “HP Innovation on Education” à Universidade de Aveiro (<http://uaonline.ua.pt/detail.asp?lg=pt&c=14988>) e posteriormente pela atribuição do prémio de “Best Project” no 2010 *HP Innovations in Education Conference*, que teve lugar entre 21 a 23 de Fevereiro de 2010, em São Francisco, Califórnia (http://www.universia.pt/servicos_net/informacao/noticia.jsp?noticia=58144). Reconhecimento adicional foi também conseguido através de algumas publicações em conferências e revistas internacionais com júri de avaliação [Ref. 27] [Ref. 28]

Face ao exposto, é de concluir que, apesar de se terem criado ferramentas de cálculo de raiz e de todas as dificuldades inerentes a este processo, os objectivos que nortearam a elaboração desta dissertação terão sido, na sua globalidade, atingidos com sucesso.

7. Bibliografia

1. Coelho, Sara Catarina Rasteiro, “Fibra Óptica na rede de Acesso: Tecnologias e Soluções”, Universidade de Aveiro, 2009.
2. Almeida, Abílio Santos, “Fibra Óptica na rede de Acesso: Implicações nas Redes dos Edifícios”, Universidade de Aveiro, 2009.
3. DUARTE, A. Manuel de Oliveira, “Telecommunications Networks and Services: Organisation, Technologies, Markets and Business Models”, lecture notes, Universidade de Aveiro, 2008 (V.3)
4. DUARTE, A. Manuel de Oliveira, “Rede e Serviços de Telecomunicações: Conceitos, Modelos e Estruturas Fundamentais das Redes de Telecomunicações”, notas de estudo, Universidade de Aveiro, 2009
5. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/1/1b/ADSL_Line_Rate_Reach.gif
6. http://www.actewagl.com.au/education/_lib/images/communications/television/SinglemodeOpticalFibre
7. DUARTE, A. Manuel de Oliveira, “Análise Tecno-Económica de Redes de Telecomunicações”, notas de estudo, Universidade de Aveiro, 2009
8. Broadwan, Deliverable 21, “*Planning guidelines for broadband access networks with case studies*”, 4 de Maio de 2006.
9. http://www.gta.ufjf.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/rafael_ribeiro/index.html
10. Koonen, Ton, “Fiber to the Home/Fiber to the Premises: What, Where, and When?”
11. techno-EConomics of integrated communication SYStems and services, “Deliverable 6: OPEX models”, March 2005
12. Markku Lahteenoja (Telenor), Borgar T. Olsen (Telenor), Dimitris Varoutas (UoA), Dimitris Katsianis (UoA), Tom Tesch (JVH), Jan Van Hoecke (JVH), Renjish Kaleelazhicathu (TKK), Nils Elnegaard (Telenor), Jarmo Harno (Nokia), Jean-Sebastien Bedo (FTR&D), Ch. Michalakelis (UoA), Alex Vavoulas (UoA) – techno-EConomics of integrated communication SYStems and Services – ECOSYS, Deliverable 16 “Report on techno-economic methodology”, 28th of February 2006.
13. Abecassis, Fernando; Cabral, Nuno, “ Análise Económica e Financeira de Projectos”, Fundação Calouste Gulbenkian, 3ª Edição 1991
14. João M. Espada Concepção, elaboração e análise de projectos. Núcleo de Estudos e Avaliação de Projectos, STPC, pág. 4, sem data.
15. BARROS, Hélio. “Análise de Projectos de Investimentos” – Edições Silabo, 1991.
16. MERKEL, Wilma. “Dicionário Enciclopédico Económico” – Circulo de Leitores.
17. BOM, Luís Todo. “Manual sobre projectos de investimento” – AIP.
18. JARDIM, Jorge. Relatório de Projecto “Planeamento de Redes e Serviços de Telecomunicações”. – 2000.
19. TRACY, John ^a. “MBA intensivo em finanças” - Edições ACJ.

20. techno-EConomics of integrated communication SYStems and services, “Deliverable 5: Tariff models”, February 2005
21. Duarte, A.M. O., “Elementos de Análise Tecno-Económica”, Universidade de Aveiro, Série Notas de Estudo em Temas de Telecomunicações, 2009.
22. Duarte, A.M. O., Ramos, F.M.D., Freitas, R.D., “Aplicação da ferramenta TONIC na avaliação tecno-económica de redes e serviços de telecomunicações: um estudo de caso”, Universidade de Aveiro, Série Notas de Estudo em Temas de Telecomunicações, 2001.
23. TONIC Tool V1.0a, User Manual – Draft V0.1, May 2002.
24. Sousa, Nuno Miguel Saraiva, “Aspectos Tecno-Económicos de Redes e Serviços de Telecomunicações”, Universidade de Aveiro, Julho de 1999
25. Dimitris Katsianis, Ilari Welling, Maria Ylönen, Dimitris Varoutas, Thomas Sphicopoulos, Nils Kristian Elnegaard, Borgar T. Olsen, Lucien Budry, “*The economic perspective of the mobile networks in Europe*”.
26. Bohagen, Frode; Binningsbo, Jorgen, “HSPA and LTE – Future-proof Mobile Broadband Solutions”, *Teletronikk* 1.2010
27. DUARTE, A.M.O, PEREIRA, A.S., DIREITO, I., FÉLIX, H.S., CARRILHO, D.C., ALVES, A.M.C. “Active Classrooms: role-playing experience in telecommunications engineering education”, aceite para publicação no *International Journal of Engineering Education (IJEE)*, ISSN: 0742-0269.
28. DUARTE, A.M.O., DIREITO, I., OLIVEIRA, I.C., FÉLIX, H.S. “Entrepreneurship Training: a Case Study in Engineering Students”, *International Conference on Engineering Education – ICEE2010*, Gliwice, Poland, 18-22 July 2010.